



# **Análise e Acompanhamento da Execução de Soluções de Melhoria de Conforto Térmico na Reabilitação de Edifícios**

“Relatório de estágio apresentado no Instituto Superior de Engenharia do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil no Ramo de Construções”

**Orientadora:** Eng.<sup>a</sup> Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva

**Co-orientador:** Eng.º João Ricardo Rodrigues Ferreira da Silva

**Autor:**

Nuno Miguel da Silva Cunha

**Outubro 2015**



## ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	i
Resumo.....	iii
Abstract .....	v
Agradecimentos .....	vii
Índice de Texto.....	ix
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas.....	xxi
1 Introdução.....	1
2 Reabilitação Urbana.....	3
3 Porto Vivo,SRU .....	5
4 Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio.....	11
5 Caso de estudo.....	39
6 Considerações finais .....	99
7 Bibliografia .....	101
Anexos.....	103



## RESUMO

O presente relatório inserido na Unidade Curricular de DIPRE do Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de Construções, do Instituto Superior de Engenharia do Porto e desenvolvido no âmbito do estágio curricular realizado na empresa Porto Vivo, SRU, tem como objetivo descrever as atividades realizadas durante o período de estágio, no Núcleo de Gestão de Obras, tais como o acompanhamento das Operações de Reabilitação e Realojamento no Morro da Sé, participações em reuniões de obra com empreiteiros e projetistas, realização de vistorias para determinar o nível de conservação dos edifícios.

Irá ainda ser abordado um caso de estudo relativo ao comportamento térmico da fração autónoma de um edifício em reabilitação, utilizando como base o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

Por último, as conclusões finais do estágio, a apreciação das atividades desenvolvidas, a sua importância para o estagiário a nível pessoal e profissional e ainda as ilações referentes ao caso de estudo.

Palavras-Chaves: Reabilitação, Porto Vivo, SRU, Térmica



## **ABSTRACT**

As part of DIPRE class of Civil Engineering's – Construction Business - Master Course at Instituto Superior de Engenharia do Porto, the present report was developed under the internship held at Porto Vivo – SRU, it aims to describe the activities performed under the internship period, at Núcleo de Gestão de Obras the tasks of the monitoring of the rehabilitation and resettlement operations of Morro da Sé, participation of site meetings with contractors and designer managers and undertaken of surveys to determine the building's conservation level.

It will also be discussed a study case, related with the thermal behavior of an autonomous fraction from a building undertaking rehabilitation works, based on Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

At last, it will be presented the internship's final conclusions, the assessments of developed activities and its importance for the trainee at a personal and professional level as well as the conclusions from the study case.

Keywords: Rehabilitation, Porto Vivo, SRU, Thermal



## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste relatório só foi possível através da colaboração e contributo de diversas pessoas, às quais quero expressar o meu agradecimento.

Ao ISEP, mais propriamente ao Departamento de Engenharia Civil, e à Porto Vivo que através da sua parceria possibilitaram a realização deste estágio curricular.

À minha orientadora, Engenheira Teresa Neto, por toda a sua dedicação, conselhos e disponibilidade ao longo do tempo necessário para a realização do relatório.

Ao Engenheiro Ricardo Ferreira da Silva, meu co-orientador na empresa, pelo seu acompanhamento ao longo do estágio.

À Engenheira Iolanda Coelho e ao Arquiteto Luís António, que foram as pessoas com que mais convivi, pelo acompanhamento e disponibilidade durante o decorrer do estágio.

À minha colega de estágio, pela ajuda durante o estágio e na execução do relatório.

A todos os meus amigos, por todo o apoio e incentivo.

Aos meus pais, Rui e Maria Helena, por todo o apoio, compreensão e por me terem proporcionado a oportunidade de realizar este estágio, assim como a obtenção de um curso superior.

À minha irmã, Sara Cunha, que apesar de não ser uma presença constante, nunca deixou de me apoiar e incentivar.

Por último à minha namorada, Inês Miguel, por todo o carinho, paciência e apoio incondicional demonstrado.



## ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução.....	1
1.1	Organização do Relatório .....	1
2	Reabilitação Urbana.....	3
2.1	Conceitos ligados à reabilitação .....	4
3	Porto Vivo,SRU .....	5
3.1	Objetivos Estratégicos .....	7
3.2	Programa de Realojamento para o Morro da Sé.....	7
3.3	Organograma da empresa .....	9
4	Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio.....	11
4.1	Acompanhamento das Obras .....	11
4.1.1	Operação C .....	12
4.1.2	Operação E2 .....	18
4.1.3	Operação G.....	22
4.1.4	Operação H.....	28
4.2	Avaliação do Estado de Conservação de Imóveis.....	34
5	Caso de estudo.....	39
5.1	Soluções Adotadas.....	39
5.1.1	Descrição dos Trabalhos Observados.....	40
5.2	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de habitação .....	45
5.3	Dados Necessários para a Caracterização do Comportamento Térmico .....	46

5.3.1	Dados Climáticos.....	46
5.3.2	Determinar Áreas e Dimensões.....	47
5.3.3	Inércia Térmica .....	48
5.3.4	Análise da Envolvente.....	53
5.3.5	Soluções Construtivas – Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial .....	56
5.3.6	Verificação dos Requisitos Mínimos.....	63
5.3.7	Pontes Térmicas Lineares .....	66
5.3.8	Perdas por Transmissão.....	66
5.3.9	Renovação de ar .....	70
5.3.10	Ganhos Solares Brutos através dos Envidraçados Exteriores.....	71
5.3.11	Ganhos Solares pela Envolvente Opaca.....	77
5.3.12	Ganhos Internos.....	78
5.3.13	Ganhos úteis .....	79
5.3.14	Necessidades Anuais de Energia Útil para Aquecimento e Verificação Regulamentar...	81
5.3.15	Necessidades Anuais de Energia Útil para Arrefecimento e Verificação Regulamentar.	84
5.3.16	Necessidades de Energia para Águas Quentes Sanitárias (AQS) .....	86
5.3.17	Necessidades de Energia Primária e Verificação Regulamentar .....	87
5.3.18	Análise das Verificações Regulamentares .....	90
5.4	Classificação Energética .....	91
5.5	Comparação do REH vs RCCTE .....	92
6	Considerações finais.....	99
7	Bibliografia .....	101
Anexos	.....	103

Anexo I - Auto de Vistoria

Anexo II - Desenhos de arquitetura referentes ao caso de estudo

Anexo III – Folha de cálculo do LNEC, valor do RPH

Anexo IV – Desempenho do coletor OPENPLUS – V2, através do SolTerm

Anexo V – Desempenho do coletor PADRÃO, através do SolTerm



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Logótipo da Porto Vivo, SRU (Fonte: Porto Vivo, SRU) .....	5
Figura 2 - Área de Intervenção da Porto Vivo, SRU (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	6
Figura 3 – Mapa das Operações de Reabilitação Urbana do Morro da Sé (Fonte: Porto Vivo, SRU) .....	8
Figura 4 - Projeto 3 e 4 da Operação C (Fonte: Porto Vivo, SRU) .....	12
Figura 5 - Alçado principal.....	13
Figura 6 - Alçado Tardoz.....	13
Figura 7 – Laje de piso.....	14
Figura 8 - Execução da laje do 1º Piso.....	14
Figura 9 - Escoramentos e execução da laje do 2º Piso .....	14
Figura 10 - Picagem das paredes.....	14
Figura 11 – Vão tapado .....	15
Figura 12 – Ensaio não destrutivo .....	15
Figura 13 – Aparelho de ultrassom .....	15
Figura 14 - Alçado principal e tardoz após reabilitação do edifício (Fonte: Porto Vivo, SRU) .....	15
Figura 15 - Alçado principal e tardoz antes das demolições (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	16
Figura 16 - Início dos trabalhos .....	17
Figura 17 - Execução de muro de suporte.....	17
Figura 18 - Fachada principal e tardoz após a reabilitação do edifício (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	17
Figura 19 - Projeto 7 e 9 da Operação E2 (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	18
Figura 20 - Fachada do Largo da Penaventosa (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	19
Figura 21 - Fachada da Rua Sant’Ana (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	19

Figura 22 - A) Montagem do quadro elétrico B) Porta de entrada da habitação C) Cozinha sem móveis .....	20
Figura 23 - A) Escadas provisórias B) Cozinha com móveis .....	20
Figura 24 - Fachada principal e tardoiz concluídas.....	21
Figura 25 - Fachada principal e tardoiz (Fonte: Porto Vivo, SRU) .....	21
Figura 26 - Projeto 12 e 13 da Operação G (Fonte: Porto Vivo, SRU) .....	22
Figura 27 - Alçado principal na Rua da Bainharia (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	23
Figura 28 - Alçado tardoiz na Viela do Anjo (Fonte: Porto Vivo, SRU) .....	23
Figura 29 - Aplicação do isolamento XPS nas paredes interiores.....	24
Figura 30 - Asnas de madeira na cobertura.....	24
Figura 31 - Aplicação de betão projetado .....	25
Figura 32 - Aplicação de ETICS.....	25
Figura 33 - Alçado principal e tardoiz (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	26
Figura 34 - Interior da parcela no início do estágio.....	27
Figura 35 - Colocação da armadura para execução da laje .....	27
Figura 36 - Laje do 1º piso concluída.....	27
Figura 37 - Execução da laje do 2º piso .....	27
Figura 38 - Projeto 14 da Operação H (Fonte: Porto Vivo, SRU) .....	28
Figura 39 - Fachada principal na Rua dos Pelames (Fonte: Porto Vivo, SRU).....	29
Figura 40 - Acondicionamento da rede de abastecimento de águas .....	30
Figura 41 - Colocação da argamassa de regularização .....	30
Figura 42 - Laje de piso concluída.....	30
Figura 43 - Sistema de perfis metálicos.....	30
Figura 44 - Paredes divisórias em placas de gesso cartonado .....	31
Figura 45 - Poliuretano projetado .....	31
Figura 46 - Colocação de lã de rocha.....	31

Figura 47 - Aplicação das placas de gesso cartonado no teto.....	31
Figura 48 - Cobertura em asnas de madeira, com o pormenor das placas de gesso cartonado de proteção ao fogo e as placas de subtelha.....	32
Figura 49 - Subtelha e ripas em PVC .....	32
Figura 50 - Colocação da telha cerâmica.....	32
Figura 51 - Telhado concluído com espaço para a receção dos coletores solares .....	33
Figura 52 - Fachada principal pintada .....	33
Figura 53 - Ficha de avaliação (frente).....	35
Figura 54 - Ficha de avaliação (verso) .....	36
Figura 55 - Fração em estudo 2º andar fração F.....	40
Figura 56 - Planta arquitetónica 2º andar fração F.....	40
Figura 57 - Fachada principal .....	41
Figura 58 - Execução das paredes .....	41
Figura 59 - Caixilharias exteriores .....	42
Figura 60 - Cozinha com tijoleira.....	42
Figura 61 - Casa de banho .....	42
Figura 62 – Aplicação do piso flutuante.....	42
Figura 63 – Piso em tijoleira .....	42
Figura 64 - Vista dos aros e rodapés .....	43
Figura 65 - Pormenor das portadas.....	43
Figura 66 - Aplicação dos corrimões .....	43
Figura 67 - Caixa de escadas.....	43
Figura 68 - Cozinha com móveis.....	44
Figura 69 - Quarto com móveis e portas interiores .....	44
Figura 70 - Casa de banho com loiças sanitárias.....	44
Figura 71 - Aspeto final do edifício.....	45

Figura 72 - Identificação dos elementos construtivos para o cálculo da inércia térmica interior .....	49
Figura 73 - Corte do pavimento/teto .....	50
Figura 74 - Corte do teto .....	51
Figura 75 - Corte do pavimento.....	52
Figura 76 – Pormenor da caixa de escadas para o cálculo do $A_i$ .....	54
Figura 77 - Pormenor da lavandaria para o cálculo do $A_i$ e $A_u$ .....	55
Figura 78 - Marcação das envolventes .....	56
Figura 79 - Corte da parede PE4.....	56
Figura 80 - Corte da Parede PE5.....	57
Figura 81 - Corte da parede PE6.....	58
Figura 82 - Corte da parede PI3.....	59
Figura 83 - Corte da parede PI4.....	60
Figura 84 - Corte da parede PI5.....	61
Figura 85 - Classificação energética da fração.....	91
Figura 86 - Certificado energético, segundo o RCCTE .....	92

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Entidades intervenientes na Operação C .....	12
Tabela 2 - Entidades intervenientes na Operação E2 .....	18
Tabela 3 - Entidades intervenientes na Operação G .....	22
Tabela 4 - Entidades intervenientes na Operação E2 .....	28
Tabela 5 - Vistorias realizadas .....	37
Tabela 6 - Áreas dos compartimentos .....	47
Tabela 7 - Área dos envidraçados .....	48
Tabela 8 - Classes de inércia térmica interior, $It$ .....	48
Tabela 9 - Resumo para o cálculo da inércia .....	52
Tabela 10 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, $btr$ .....	53
Tabela 11 – Resumo para o cálculo do $btr$ .....	55
Tabela 12 - Cálculo do U da parede PE4.....	57
Tabela 13 - Cálculo do U da parede PE5.....	58
Tabela 14 - Cálculo do U da parede PE6.....	59
Tabela 15 - Cálculo do U da parede PI3 .....	60
Tabela 16 - Cálculo do U da parede PI4 .....	61
Tabela 17 - Cálculo do U da parede PI5 .....	62
Tabela 18 - Resumo dos requisitos mínimos e os valores dos coeficientes de transmissão térmica de cada elemento da envolvente .....	63
Tabela 19 - Fatores de sombreamento dos vãos envidraçados.....	64
Tabela 20 - Relação da área dos envidraçados com a área do respetivo compartimento .....	64

Tabela 21 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $gT_{máx}$ .....	65
Tabela 22 - Fatores sombreamento de elementos horizontais ( $F_0$ ) e verticais ( $F_v$ ) na estação de arrefecimento.....	65
Tabela 23 - Verificação do fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção de 100% ativados .....	66
Tabela 24 - Pontes térmicas lineares.....	66
Tabela 25 - Envolvente em contato com o exterior, paredes .....	67
Tabela 26 - Envolvente em contato com o exterior, vãos envidraçados .....	67
Tabela 27 - Pontes térmicas lineares em contato com o exterior.....	67
Tabela 28 - Envolvente em contato com espaços não úteis, paredes interiores.....	68
Tabela 29 - Pontes térmicas lineares em contato com espaços não úteis.....	68
Tabela 30 - Envolvente em contato com edifício adjacente, paredes interiores.....	68
Tabela 31 - Fator de orientação para as diferentes exposições, $X_j$ .....	72
Tabela 32 - Resumo para o cálculo dos ganhos solares brutos na estação de aquecimento .....	74
Tabela 33 - Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados, $F_{mv}$ . .....	75
Tabela 34 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, $F_{w,v}$ . .....	76
Tabela 35 - Cálculo dos ganhos solares brutos na estação de arrefecimento .....	77
Tabela 36 - Coeficiente de absorção da radiação solar, $\alpha$ .....	78
Tabela 37 - Cálculo dos ganhos solares pela envolvente opa exterior.....	78
Tabela 38 - Cálculo das paredes exteriores .....	82
Tabela 39 - Cálculo dos vãos envidraçados exteriores.....	82
Tabela 40 - Cálculo das pontes térmicas lineares .....	82
Tabela 41 - Cálculo das paredes interiores em contato com espaços não úteis.....	83
Tabela 42 - Cálculo das paredes interiores em contato com edifício adjacente.....	83
Tabela 43 - Cálculo das pontes térmicas lineares apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $b_{tr} > 0,7$ .....	83

Tabela 44 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes intervenções ...	90
Tabela 45 - Valores das necessidades nominais e limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária obtidos.....	90
Tabela 46 - Classes energéticas segundo o REH.....	91
Tabela 47 - Comparação dos valores obtidos no REH e o RCCTE.....	93
Tabela 48 - Fatores de conversão de energia primária para emissões de CO <sub>2</sub> .....	93
Tabela 49 – Comparação dos fatores de conversão entre o REH e RCCTE .....	96



## ABREVIATURAS

ACRRU – Área Crítica de Recuperação e Reversão Urbanística

Ai - área do elemento que separa o espaço não útil do espaço interior aquecido

Ap - Área útil de pavimento

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ARU – Área de Reabilitação Urbana

Au - área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior

DIPRE – Dissertação/Projeto/Estágio

ENU – Espaços não úteis

FA – Fração Autónoma

Ff – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado

Fg – Fração envidraçada

Fh – fator de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício  
ou por outros elementos do edifício

Fo – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado

Fs – Fator de obstrução

$g_T$  – Fator solar

$g_T máx$  – Fator solar máximo

## ABREVIATURAS

IHRU – Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana

$I_R$  – Intensidade de radiação

$I_t$  – Inércia térmica

MAEC – Método de Avaliação do Estado de Conservação de Edifícios

Msi - Massa superficial útil do elemento i

NGO – Núcleo de Gestão de Obras

Ni – Necessidades nominais de aquecimento máximas

Nic - Necessidades nominais de aquecimento

NRAU – Novo Regime de Arrendamento Urbano

Nt – Necessidades nominais globais de energia primária máximas

Ntc - Necessidades nominais globais de energia primária

Nv – Necessidades nominais de arrefecimento máximas

Nvc – Necessidades nominais de arrefecimento

PTL – Pontes térmicas lineares

PTP – Pontes térmicas planas

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

Ri - Fator de redução da massa

RPH – Taxa de renovação de ar

Rse – Resistência térmica superficial exterior

Rsi – Resistência térmica superficial interior

Rt – Resistência térmica

SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana

St - Área da superfície interior do elemento i

U – Coeficiente de transmissão térmica

Umáx – Coeficiente de transmissão térmica máxima

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

X – Fator de Orientação

ZIP – Zona de intervenção Prioritária



# **1 INTRODUÇÃO**

O presente relatório, incluído na Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio referente ao Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de Construções, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular realizado na empresa Porto Vivo, SRU e tem como principal objetivo descrever as atividades realizadas, no período compreendido entre 31 de Janeiro de 2015 e 31 de Julho de 2015.

Optou-se por escolher a realização de um estágio e elaboração do respetivo relatório, com o intuito de estar inserido em ambiente empresarial, assim como no mercado de trabalho, ter a oportunidade de trabalhar em equipa e perceber as dificuldades inerentes à adaptação dos conceitos teóricos à realidade.

Durante o período de estágio, houve a necessidade de estudar o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), para se proceder à realização do caso de estudo inserido neste relatório.

## **1.1 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO**

Este relatório foi desenvolvido em seis capítulos, distintos de forma a permitir a abranger as diferentes áreas de atuação em que o estágio decorreu.

O primeiro capítulo consiste na introdução do relatório de estágio e na sua organização estrutural.

O segundo capítulo aborda o tema da Reabilitação Urbana e descreve também alguns conceitos ligados à reabilitação.

No capítulo 3, procede-se à apresentação da empresa Porto Vivo, referindo os seus principais objetivos. Menciona ainda o Programa de Realojamento para o Morro da Sé onde o estágio foi inserido e por último o organograma da empresa.

## *CAPÍTULO 1*

No quarto capítulo são descritas as principais atividades desenvolvidas durante o estágio, nomeadamente o acompanhamento de obras e a avaliação do estado de conservação dos imóveis.

O quinto capítulo refere-se ao caso de estudo, aborda as soluções adotadas assim como os dados necessários, para se proceder à realização dos cálculos e para a obtenção da classe energética da fração.

Por fim, no sexto capítulo são tecidas as conclusões finais.

## 2 REABILITAÇÃO URBANA

Nas últimas décadas, assistiu-se a um abandono em massa da população dos centros das cidades para a periferia, devido à construção de novos edifícios, o que como consequência levou à não intervenção do património edificado existente. Os centros urbanos ficaram desabitados e muitas vezes eram locais apenas de serviços, com ocupação essencialmente diurna.

Ao mesmo tempo que se constroem novas habitações que exigem novas infraestruturas, vai-se assistindo à degradação e desertificação das áreas urbanas antigas, dos seus edifícios e dos espaços exteriores, tornando-se indispensável o desenvolvimento de processos de reabilitação urbana.

“Entende-se por reabilitação urbana o processo de transformação do solo urbanizado, compreendendo a execução de obras de construção, reconstrução, alteração, ampliação, demolição e conservação de edifícios, tal como definidas no regime jurídico da urbanização e da edificação, com o objetivo de melhorar as suas condições de uso, conservando o seu carácter fundamental, bem como o conjunto de operações urbanísticas e de loteamento e obras de urbanização que visem a recuperação de zonas históricas e de áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística” [1].

O investimento na reabilitação é importante, mas mais importante é que os projetos sejam elaborados por profissionais competentes no domínio da reabilitação de edifícios, tendo em conta os parâmetros de sustentabilidade, e as obras executadas por empresas de construção civil especializadas neste domínio, para que as suas intervenções sejam feitas com qualidade.

Ao reabilitar e conservar está-se a contribuir para a preservação de uma herança cultural, associando qualidade ambiental, social e económica, à qualidade arquitetónica mantendo a sua identidade e salvaguardando o património para gerações futuras.

“Só assim poderemos, sempre, ter a certeza de construir todos os dias, novos dias da mesma cidade, e não outra em lugar desta” [2].

## 2.1 CONCEITOS LIGADOS À REABILITAÇÃO

Segundo o texto de apoio à disciplina de Conservação e Reabilitação de Edifícios, os principais conceitos associados à reabilitação podem ser sucintamente descritos nos parágrafos seguintes.

Conservação – “Classificar toda a intervenção num edifício com o objetivo de fazer face aos agentes de degradação e, no sentido de tentar repor a qualidade inicial. Contudo, aceita-se que o envelhecimento natural dos materiais impeça que se atinja o exato nível inicial” [3].

Inovação – “Ações de desenvolvimento futura numa perspetiva de aumento de qualidade. Mas, quando aplicado a edifícios degradados assume-se como um sinónimo de reabilitação” [3].

Manutenção – “Tem vindo a substituir o termo conservação quando se pretende descrever todas as ações que é necessário levar a cabo num edifício, destinadas a manter o seu padrão inicial de qualidade” [3].

Reabilitação – “Classifica obras destinadas a melhorar o nível de qualidade de um edifício, quase sempre por uma atualização do seu desempenho funcional. O aspeto funcional da reabilitação permite diferenciá-la inequivocamente da manutenção ou conservação, onde não se verifica qualquer alteração básica das exigências funcionais” [3].

Recuperação – “Geralmente utilizado para tipificar intervenções de reabilitação em que o edifício se encontra próximo do limite de insatisfação” [3].

Remodelação – “É umas das hipóteses de realizar uma intervenção de recuperação. Pressupõe alteração funcional do edifício, mas em que se assume a utilização de materiais e soluções novas” [3].

Restauro – “É uma das formas de executar uma intervenção destinada a recuperar um edifício. Em geral, utiliza-se em edifícios com valor histórico ou arqueológico, em que se pretende recuperar a funcionalidade própria da época em que foram edificados, isto é, repor o nível inicial de qualidade” [3].

Revitalização – “É também uma das formas de recuperar edifícios, que a nível de intervenção, se situa entre o restauro e a remodelação. Ou seja, para além do restauro funcional do edifício, avança-se para soluções que permitam uma utilização efetiva do mesmo, eventualmente para outra forma de uso que não a primitiva” [3].

### 3 PORTO VIVO,SRU

A Porto Vivo,SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense, S.A., sediada na Rua Mouzinho da Silveira nº 212, foi constituída a 27 de Novembro de 2004 como empresa de capitais públicos, sendo que 60% pertencem ao IHRU – Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana e os restantes 40% ao Município do Porto.



Figura 1 - Logótipo da Porto Vivo, SRU (Fonte: Porto Vivo, SRU)

A Porto Vivo, SRU, tem assumindo o objetivo de promover a reabilitação e reconversão do património degradado da Baixa e do Centro Histórico do Porto.

Uma missão que visa orientar o processo de reabilitação e reconversão, mas também definir a estratégia de intervenção e atuar como mediador entre os proprietários e investidores, entre proprietários e arrendatários e, em caso de necessidade, tomar a seu cargo a operação de reabilitação, com os meios legais que lhe foram conferidos [4].

A Porto Vivo, SRU tem como território global de atuação a designada Área Crítica de Recuperação e Reconversão Urbanística (ACRRU), com cerca de 1000 hectares (cerca de 25% do concelho do Porto). No entanto, definiu como zona de intervenção prioritária (ZIP), onde se encontra o esforço de reabilitação urbana, permitiu redirecionar sinergias e maximizar estratégias, bem como definir polos e fileiras de desenvolvimento sustentável, identificando e envolvendo atores e parceiros, ao longo dos cerca de 500 hectares, o espaço compreendido entre a Rua da Constituição e o Rio Douro, e a Rua de D.Pedro V e o limite nascente da freguesia do Bonfim [5].



Figura 2 - Área de Intervenção da Porto Vivo, SRU (Fonte: Porto Vivo, SRU)

Esta área, onde se concentra o esforço de reabilitação urbana, engloba o Centro Histórico do Porto, classificado pela UNESCO Património Mundial, e a Baixa tradicional, e inclui-se nas freguesias antigas do Bonfim, Santo Ildefonso, Massarelos e Cedofeita, territórios correspondentes ao crescimento da cidade nos séculos XVIII e XIX [5].

### **3.1 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS**

Depois de executados diferentes estudos sobre o edificado, população e tecido económico da Baixa Portuense e do seu Centro Histórico, foi possível definir 5 grandes objetivos estratégicos, tal como são identificados no Masterplan da Porto Vivo, SRU, a saber:

- A re-habitação;
- O desenvolvimento e promoção do negócio;
- A revitalização do comércio;
- A dinamização do turismo, cultura e lazer;
- A requalificação do espaço público. [6]

Ao longo da sua existência, a incitação da Porto Vivo, SRU, foi criar condições para se reabilitar um património inestimável para os seus habitantes, mas também para um número crescente de visitantes, gerando conseqüentemente um efeito incentivador na revitalização de um território fundamental para a cidade e para a região, de forma a cumprir-se a visão de uma cidade mais competitiva, mais atrativa e mais valorizada física e imaterialmente, uma cidade que está a saber renovar-se na Baixa e no Centro Histórico, onde a dinâmica se sente mais forte do que nunca e onde os atores da mudança são cada vez mais proativos [7].

Reabilitar para revitalizar tem sido o desafio da Porto Vivo, SRU, e efetivamente podemos assistir nos dias de hoje a um centro urbano da cidade do Porto cheio de “vida”, de atividades, comércio e turistas.

### **3.2 PROGRAMA DE REALOJAMENTO PARA O MORRO DA SÉ**

A Porto Vivo neste momento tem em curso um Programa de Realojamento, financiado pelo IHRU / Banco Europeu de Investimentos, e destinado a arrendamento de cariz social.

“Trata-se de produzir fogos para famílias da zona, que saem das suas residências libertando edifícios em mau estado que estão a ser reabilitados para equipamentos ou mesmo para serem regenerados no âmbito deste Programa de Realojamento, mas também de produzir fogos para chamar mais

famílias ao Morro da Sé, umas que daqui saíram por falta de condições, outras que queiram vir residir no local onde o Porto nasceu como cidade estruturada e muralhada há cerca de 2500 anos” [8].

O programa intervém em 29 edifícios, alguns deles segundo um critério de emparcelamento, gera 14 projetos que serão reabilitados através de 9 empreitadas, representadas pelas letras A a H, como se pode ver na Figura 3. Vai permitir produzir 71 fogos – 11 T0, 29 T1, 25 T2 e 6 T3 – e ainda 19 espaços comerciais, atinge os 8000 m<sup>2</sup> de área bruta construída, cerca de 15% da área bruta total intervencionável, pública e privada, do Morro da Sé [8].

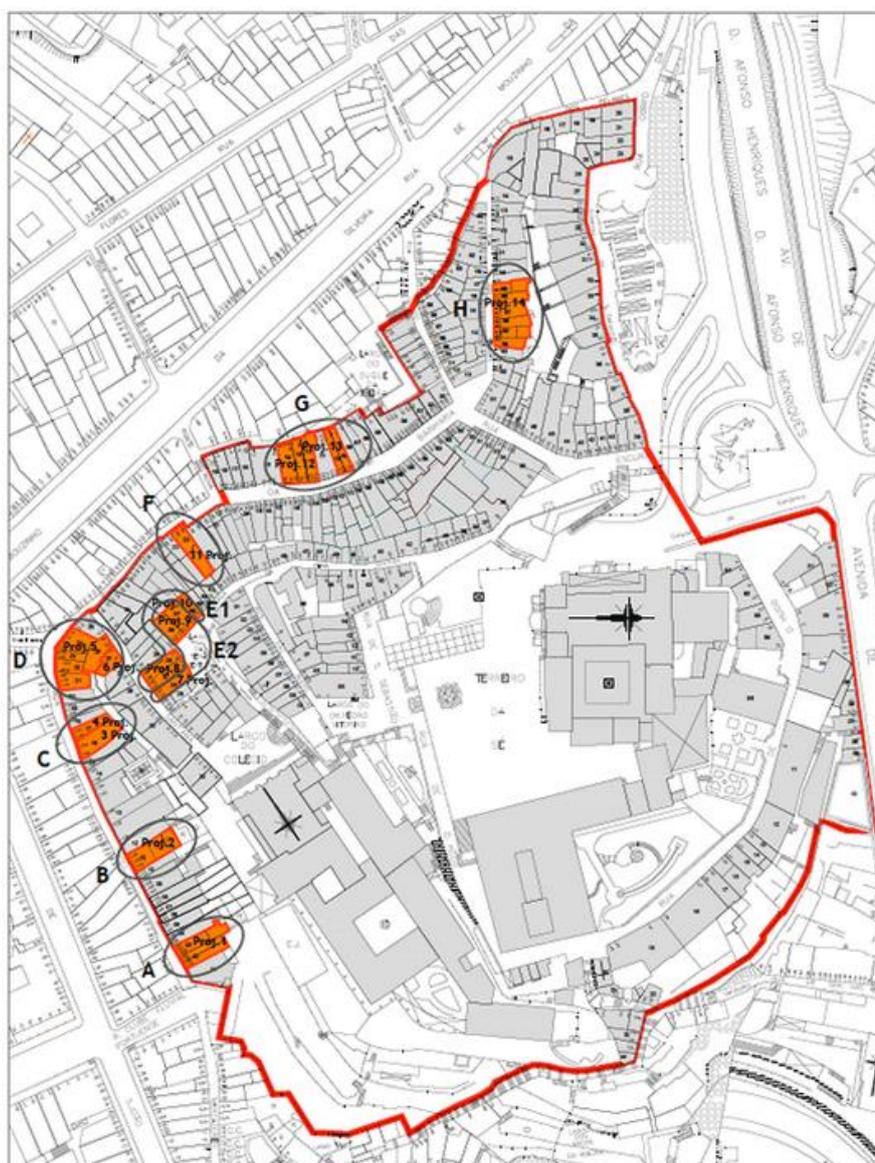
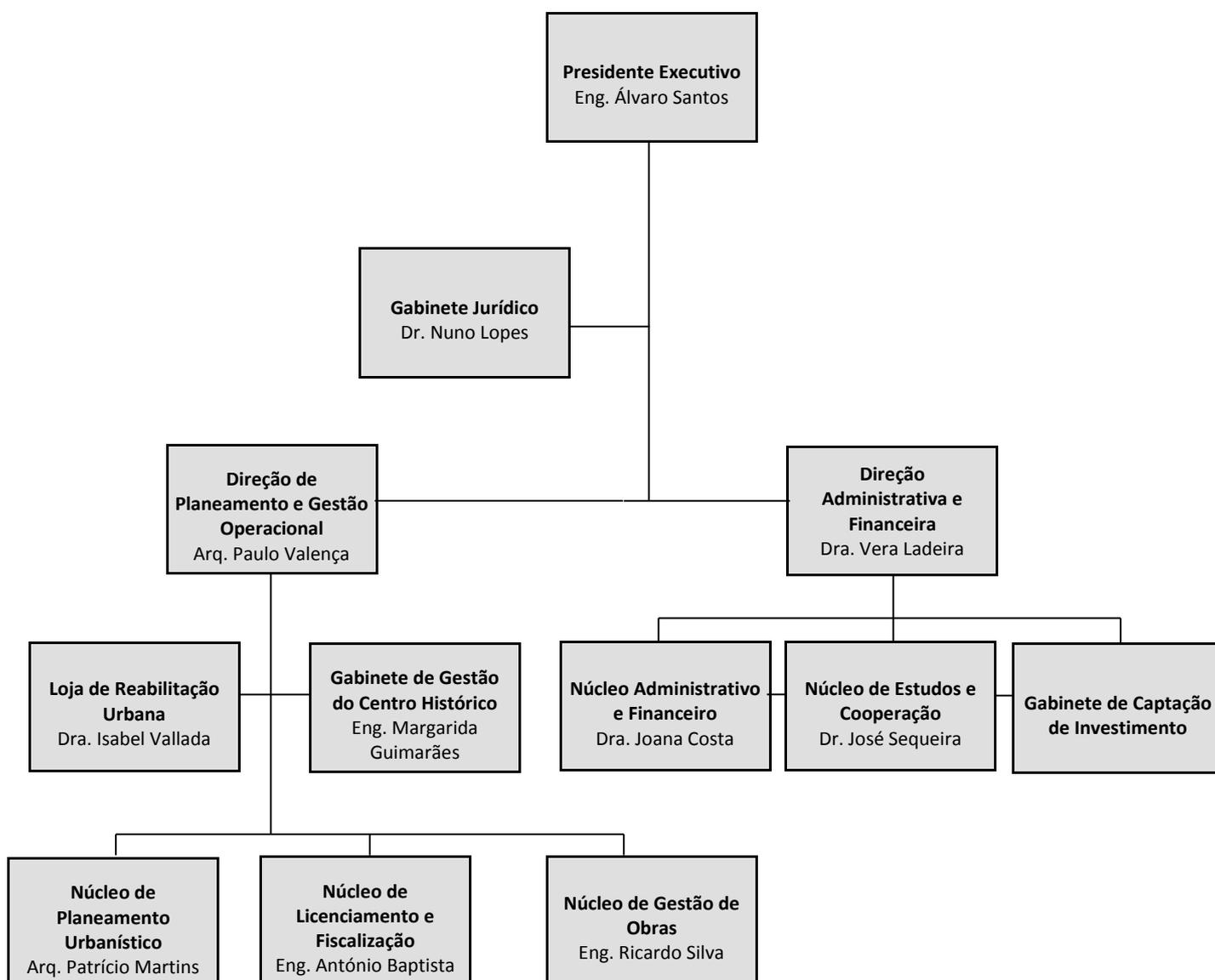


Figura 3 – Mapa das Operações de Reabilitação Urbana do Morro da Sé (Fonte: Porto Vivo, SRU)

### 3.3 ORGANOGRAMA DA EMPRESA

O estágio foi realizado no Núcleo de Gestão de Obras (NGO), núcleo esse que é coordenado pelo Engenheiro Ricardo Ferreira da Silva e tem como colaboradora a Engenheira Iolanda Coelho. De seguida apresenta-se o organograma da empresa.





## **4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO**

### **4.1 ACOMPANHAMENTO DAS OBRAS**

Integrando o Núcleo de Gestão de Obras, foram acompanhadas várias operações, que estão inseridas no Programa de Realojamento para o Morro da Sé.

O estagiário durante o decorrer o período em que permaneceu na Porto Vivo acompanhou as operações C, E2, G e H. As empreitadas B, E1 e F já estavam concluídas aquando o início do estágio. A empreitada A não fez parte do acompanhamento, pois a empreitada durante o decorrer do estágio estava suspensa, devido ao logradouro da mesma ter entrado em risco de desabamento. Quanto à operação D, não fez parte dos trabalhos a acompanhar, pois ainda não se tinha dado o início dos trabalhos.

Durante o acompanhamento de obra, foi tido em conta o cumprimento dos respetivos Planos de Segurança e Saúde (PSS), que visam garantir a segurança de todos os intervenientes nas obras.

Através do Programa de Realojamento para o Morro da Sé, já foram integradas várias famílias nas operações já concluídas, tais como a operação B e a operação F.



#### 4.1.1.1 Projeto 3

Trata-se da reconstrução de uma Casa Torre de origem medieval, que foi adulterada ao longo dos tempos. Em termos estruturais serão mantidos os paramentos de alvenaria e refeita a escada de estrutura de madeira de que ainda há vestígios. O acesso a um dos fogos deste edifício faz-se pela Viela de S. Lourenço que irá ser recriada [9].

Com uma área bruta de construção de 490 m<sup>2</sup> e sem logradouro, a conclusão desta operação vai dar lugar a um edifício constituído por 5 pisos. O espaço comercial vai estar ao nível do R/C e sobreloja, sendo que nos restantes pisos vão estar dois apartamentos duplex de tipologia T1 e tipologia T3.

Antes do início dos trabalhos, o edifício encontrava-se no seguinte estado:



Figura 5 - Alçado principal

(Fonte: Porto Vivo, SRU)



Figura 6 - Alçado Tardoz

(Fonte: Porto Vivo, SRU)

Em fevereiro, aquando o início do estágio e no primeiro contato com esta operação, a obra encontrava-se na fase de estruturas, sendo acompanhada permanente por arqueólogos durante a picagem das paredes já existentes. Esta operação deparou-se com uma situação imprevista, durante a picagem das paredes, encontraram-se vãos tapados, que não constavam nas plantas iniciais, que podiam levar simplesmente a outros compartimentos ou suspeitava-se que podiam ser passagens antigas que dessem até à muralha. Perante esse cenário, os arqueólogos procederam à análise

desses vãos, mas sem os desmantelarem, através de equipamentos de ensaios não destrutivos. Depois de analisados os resultados obtidos “in situ”, chegaram à conclusão que poderia haver mais do que um simples compartimento por detrás desses vãos. Posto isto a obra ficou suspensa até que os arqueólogos tivessem autorização para procederem ao desmantelamento dos vãos e assim os pudessem analisar devidamente.

As figuras seguintes têm o intuito de ilustrar algumas fases da obra que o estagiário teve o privilégio de acompanhar.



Figura 7 – Laje de piso



Figura 8 - Execução da laje do 1º Piso



Figura 9 - Escoramentos e execução da laje do 2º Piso



Figura 10 - Picagem das paredes

Conforme se pode ver nas figuras 8 e 9, observou-se à realização das lajes do piso 1 e 2, sendo estas realizadas através de lajes aligeiradas em betão armado, apoiando-se nas paredes de pedra existentes e em vigas de betão armado com a espessura das lajes. A laje do piso 4 é igual às referidas

anteriormente, sendo que as lajes do piso 3 e 5, por se destinarem aos pisos intermédios de cada fração independente e por não terem infraestruturas de esgotos, optou-se por uma solução diferente, mais leve, sendo constituídas por perfis metálicos apoiados nas paredes existentes.



Figura 11 – Vão tapado



Figura 12 – Ensaio não destrutivo



Figura 13 – Aparelho de ultrassom

Como já foi referido anteriormente, durante a picagem das paredes (Figura 10) foram descobertos vãos tapados (Figura 11) e os arqueólogos procederam à análise desses vãos através de ensaios não destrutivos com o recurso a um aparelho de ultrassom (Figura 12 e Figura 13).

Durante o decorrer do estágio, foram estas as fases da empreitada que o estagiário teve oportunidade de acompanhar, não foi possível acompanhar o desenvolvimento previsto da obra em virtude de esta ter ficado suspensa, por causa dos imprevistos acima referidos.

A figura seguinte tem a intenção de apresentar o aspeto final desta empreitada, recorrendo aos desenhos facultados no projeto de arquitetura.



Figura 14 - Alçado principal e tardoz após reabilitação do edifício (Fonte: Porto Vivo, SRU)

#### 4.1.1.2 Projeto 4

Trata-se da reabilitação integral de edifício com materiais contemporâneos, mas seguindo princípios e técnicas utilizadas ao tempo da sua construção ou última reconstrução/ampliação – estrutura de madeira e tabiques de gesso cartonado. Este processo foi iniciado pela Fundação para o desenvolvimento da Zona Histórica do Porto que realizou um anteprojecto de arquitetura, estando a ser ultimado pela Porto Vivo, SRU. De salientar que este edifício terá também acesso pela Viela de S. Lourenço, que está a ser recriada [9].

Com uma área bruta de 230 m<sup>2</sup>, após a conclusão da operação vai dar lugar a um edifício constituído por 5 pisos, com um espaço comercial, dois apartamentos de tipologia T1 e um apartamento de tipologia T2.

Antes de qualquer intervenção, o edifício encontrava-se nesta situação:



Figura 15 - Alçado principal e tardoz antes das demolições (Fonte: Porto Vivo, SRU)

Em relação a este projeto não há muito a dizer, pois durante o estágio não foram feitas grandes intervenções, devido ao empreiteiro ser o mesmo que estava a fazer o projeto 3 e ter começado em primeiro pelo projeto já explicado anteriormente.

As figuras seguintes ilustram as poucas intervenções a que o estagiário teve a oportunidade de acompanhar em relação a este projeto.



Figura 16 - Início dos trabalhos



Figura 17 - Execução de muro de suporte

Durante o acompanhamento deste projeto apenas se observou à realização de um muro de suporte, em betão armado, com o intuito de fazer uma contenção da parede que estava em risco de colapso. Como referido anteriormente, durante o período de estágio a obra praticamente não sofreu intervenções, como se pode ver nas figuras acima.

A figura que se segue tem o intuito de mostrar o aspeto final deste projeto, através dos desenhos facultados no projeto de arquitetura.



Figura 18 - Fachada principal e tardoza após a reabilitação do edifício (Fonte: Porto Vivo, SRU)

### 4.1.2 Operação E2

A operação E2 é constituída por dois projetos, o projeto 7 e o projeto 9, integrando as parcelas 28, 57 e 58 do Quarteirão da Bainharia.

Tabela 2 - Entidades intervenientes na Operação E2

Dono de Obra	Porto Vivo, SRU
Projeto de Especialidades	STRUCONCEPT- Consultores de Engenharia, Lda
Empresa Adjudicatária	NORTEJUVIL- Sociedade de construções, Lda
Fiscalização da Obra	Porto Vivo, SRU
Coordenador de Segurança em Obra	Eng. José Manuel Braga Barbosa
Diretor Técnico da Empreitada	Eng. Nuno Miguel Couto
Valor da Empreitada	450.500,01 €

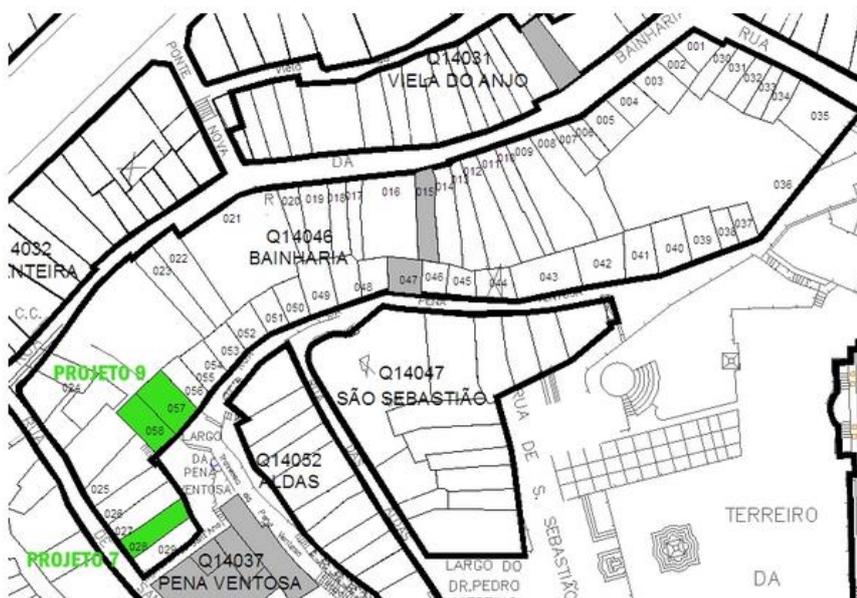


Figura 19 - Projeto 7 e 9 da Operação E2 (Fonte: Porto Vivo, SRU)

#### 4.1.2.1 Projeto 7

Trata-se da reabilitação integral de um edifício com materiais contemporâneos, mas seguindo princípios e técnicas utilizadas ao tempo da sua construção ou última reconstrução/ampliação - estrutura de madeira e tabiques de gesso cartonado [10].

Este projeto foi elaborado pelo Arq. Luís Brito, situa-se na Rua de Sant'Ana nºs 20 a 22, com uma área bruta de construção de 306 m<sup>2</sup>, não possui logradouro e vai ser constituído por 5 pisos, dando origem a um espaço comercial, a dois apartamentos de tipologia T1 e um apartamento de tipologia T2.

Antes de qualquer intervenção, o edifício encontrava-se no estado documentado nas fotografias das figuras seguintes.



Figura 20 - Fachada do Largo da Penaventosa  
(Fonte: Porto Vivo, SRU)



Figura 21 - Fachada da Rua Sant'Ana  
(Fonte: Porto Vivo, SRU)

Quando o estagiário começou a acompanhar este projeto, já a obra se encontrava na fase final, faltando pintar as paredes, a colocação das escadas do corredor central e as portas de entrada para cada locado, colocação das loiças sanitárias, colocação dos azulejos e móveis referentes às cozinhas, assim como a conclusão da rede de abastecimento de águas e a rede de eletricidade, como se pode ver nas figuras seguintes.



Figura 22 - A) Montagem do quadro elétrico B) Porta de entrada da habitação C) Cozinha sem móveis



Figura 23 - A) Escadas provisórias B) Cozinha com móveis



Figura 24 - Fachada principal e tardoz concluídas

#### 4.1.2.2 Projeto 9

Esta intervenção resultou do emparcelamento de 2 edifícios completamente demolidos, apenas mantendo-se as paredes da fachada e empenas.

Este projeto foi elaborado pelo Arq. Luís António, situa-se no Largo da Pena Ventosa nºs 17 a 27, com uma área bruta de construção de 504,56 m<sup>2</sup> e vai ser constituído por 4 pisos, dando origem a dois espaços comerciais e a seis apartamentos de tipologia T1.

Antes de qualquer intervenção, o edifício encontrava-se no seguinte estado:



Figura 25 - Fachada principal e tardoz (Fonte: Porto Vivo, SRU)

O acompanhamento desta operação vai ser analisado no Capítulo 5 “Caso de Estudo”, pois faz parte do caso de estudo presente no relatório. Como o edifício só tinha as paredes de fachada e empena é de salientar que foi necessário proceder à contenção das mesmas através de perfis metálicos, assim como tapar os vãos, por questões de segurança para que não houvesse entrada de intrusos, pondo em risco a segurança das pessoas.

### 4.1.3 Operação G

A operação G é constituída por dois projetos, o projeto 12 e o projeto 13 e integra as parcelas 9, 10, 12, 13 e 14 do Quarteirão da Viela do Anjo.

Tabela 3 - Entidades intervenientes na Operação G

Dono de Obra	Porto Vivo, SRU
Projeto de Especialidades	JCT - Consultores de Engenharia, Lda
Empresa Adjudicatária	NORTEJUVIL - Sociedade de construções, Lda
Fiscalização da Obra	Porto Vivo, SRU
Coordenador de Segurança em Obra	Eng. José Manuel Braga Barbosa
Diretor Técnico da Empreitada	Eng. Nuno Miguel Couto
Valor da Empreitada	747.854,88 €

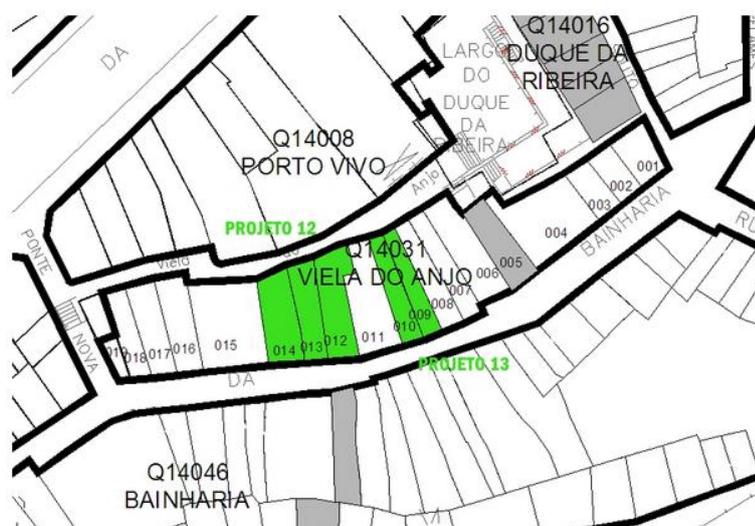


Figura 26 - Projeto 12 e 13 da Operação G (Fonte: Porto Vivo, SRU)

#### 4.1.3.1 Projeto 12

Trata-se do emparcelamento de 3 edifícios em ruína e demolidos na sequência de um incêndio que veio piorar o seu estado de conservação. Neste projeto apostou-se numa situação bi-partida de acessos realizando parte deles a partir da Viela do Anjo, assim motivando uma utilização mais intensiva dessa artéria, e as restantes pela Rua da Bainharia [11].

Este projeto foi elaborado pelo Arq. Luís António, situa-se na Rua da Bainharia nºs 93 a 105 e Viela do Anjo nºs 18 a 26, com uma área bruta de construção de 952,44 m<sup>2</sup> e vai ser constituído por 5 pisos, dando origem a quatro espaços comerciais, um apartamento de tipologia 0, oito apartamentos de tipologia T1 e um apartamento de tipologia T3.

Antes do início dos trabalhos, o edifício encontrava-se no seguinte estado:



Figura 27 - Alçado principal na Rua da Bainharia (Fonte: Porto Vivo, SRU)



Figura 28 - Alçado tardoz na Viela do Anjo (Fonte: Porto Vivo, SRU)

Aquando o acompanhamento desta operação, a parte estrutural já se encontrava concluída, os poucos avanços que se puderam registar, devido à empresa que estava encarregue de executar esta empreitada ser a mesma que estava com a operação E2, foram a nível da colocação do ETICS (External Thermal Insulation Composite System) na fachada, na aplicação de betão projetado nos paramentos interiores das paredes de meiação, na execução de paredes em alvenaria de tijolo e colocação das asnas de madeira na cobertura.

As imagens seguintes ilustram as fases da obra acompanhadas:



Figura 29 - Aplicação do isolamento XPS nas paredes interiores



Figura 30 - Asnas de madeira na cobertura

Foi possível observar-se a execução das paredes de alvenaria tijolo, assim como à aplicação do isolamento, posteriormente o recobrimento das paredes será executado em placas de gesso cartonado. Nas paredes interiores de meiação foi aplicado betão projetado, tendo como objetivo a regularização das mesmas. Quanto à cobertura, foram colocadas asnas de madeira estando previsto serem colocadas ripas em pinho tratado distanciadas entre si de 42 cm, para fixação da subtelha, tipo ONDULINE ST50 com respetivas ripas de PVC para a fixação de telha tipo SECULUM CONVENTUAL da SOTELHA.



Figura 31 - Aplicação de betão projetado

Nas paredes de fachada o isolamento foi colocado pelo exterior, procedendo-se à aplicação do ETICS (Figura 32), tendo em conta as exigências energéticas atuais, este tipo de isolamento confere um elevado grau de qualidade e que permite obter bons resultados no desempenho térmico do edifício, posteriormente irá ser aplicado o acabamento final em tinta de cor verde.



Figura 32 - Aplicação de ETICS

#### 4.1.3.2 Projeto 13

Trata-se do emparcelamento de 2 edifícios completamente demolidos, apenas dispendo das fachadas e empenas. Um deles era de propriedade privada e originou uma parceria com a proprietária que será ressarcida com a entrega de um apartamento [11].

Este projeto foi elaborado pela Arq. Ana Leite, situa-se na Rua da Bainharia nºs 117 a 119, com uma área bruta de construção de 398 m<sup>2</sup> e vai ser constituído por 5 pisos, dando origem a um espaço comercial, a dois apartamentos de tipologia T2 e a um apartamento de tipologia T3.

Antes do início da empreitada, era assim que se encontrava o edifício:



Figura 33 - Alçado principal e tardo (Fonte: Porto Vivo, SRU)

Esta obra no início do estágio estava parada pelos motivos que já foram explicados anteriormente e devido à empresa estar com várias empreitadas correspondentes ao mesmo Programa de Realojamento do Morro da Sé. Assim, só retomaram os trabalhos já no final período de estágio, mas ainda foi possível registrar os trabalhos elaborados a nível estrutural, conforme se pode ver pelas próximas figuras.



Figura 34 - Interior da parcela no início do estágio



Figura 35 - Colocação da armadura para execução da laje

Como já foi referido este edifício apenas disponha das fachadas e empenas, tendo sido construído de raiz, os progressos registados neste projeto foram a execução das lajes do piso 1 e 2, sendo estas aligeiradas, apoiando-se em vigas de betão que estão apoiadas nas paredes existentes.



Figura 36 - Laje do 1º piso concluída



Figura 37 - Execução da laje do 2º piso

#### 4.1.4 Operação H

A operação é constituída por um projeto, o projeto 14 e integras as parcelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9 do Quarteirão dos Pelames, situada na Rua dos Pelames nºs 20 a 36, com uma área bruta de construção de 1146,55 m<sup>2</sup>.

Tabela 4 - Entidades intervenientes na Operação E2

Dono de Obra	Porto Vivo, SRU
Projeto de Arquitetura	Arq. Luís António
Projeto de Especialidades	SRUCONCEPT - Consultores de Engenharia, Lda
Empresa Adjudicatária	Sociedade de Construções Teodoro Valente, Lda
Fiscalização da Obra	Porto Vivo, SRU
Coordenador de Segurança em Obra	Eng. José Manuel Braga Barbosa
Diretor Técnico da Empreitada	Eng. Rui Pedro Pereira Valente
Valor da Empreitada	680.000,01 €



Figura 38 - Projeto 14 da Operação H (Fonte: Porto Vivo, SRU)

Trata-se do emparcelamento de 6 edifícios, todos eles de dimensão muito reduzida, tanto em frente quanto em profundidade, o que levou à tomada de decisão de gerar um único projeto. Destes edifícios, dois estavam ainda ocupados com 4 famílias, o que exigiu que se fizesse um prévio realojamento das mesmas, três edifícios foram adquiridos a privados [12].

A conclusão desta operação vai dar origem a um edifício constituído por 4 pisos, dando origem a dois apartamentos de tipologia T0, dois apartamentos de tipologia T1, sete apartamentos de tipologia T2 e um apartamento de tipologia T3.

Antes de qualquer intervenção, o edifício encontrava-se no seguinte estado:



Figura 39 - Fachada principal na Rua dos Pelames (Fonte: Porto Vivo, SRU)

No primeiro contato com esta operação, a parte estrutural já estava concluída, mas foi das operações onde se viu um maior progresso. Na primeira visita à obra, foi possível observar-se o acondicionamento através de uma manta (Figura 40) da rede de abastecimento de águas, sendo posteriormente colocada a camada de regularização.



Figura 40 - Acondicionamento da rede de abastecimento de águas



Figura 41 - Colocação da argamassa de regularização

De seguida procedeu-se à realização da laje de piso e começaram a ser realizadas as paredes interiores, através do sistema de perfis metálicos tipo KNAUF, em placas de gesso cartonado levando no seu interior lã de rocha. As paredes da fachada principal e tardoiz foram revestidas pelo interior com poliuretano projetado (Figura 45).



Figura 42 - Laje de piso concluída



Figura 43 - Sistema de perfis metálicos



Figura 44 - Paredes divisórias em placas de gesso cartonado



Figura 45 - Poliuretano projetado

Os tetos foram realizados em estrutura metálica suspensa, isolados com lã de rocha (Figura 46) e posteriormente foram colocadas as placas de gesso cartonado (Figura 47).



Figura 46 - Colocação de lã de rocha



Figura 47 - Aplicação das placas de gesso cartonado no teto

Quanto à cobertura é constituída por asnas de madeira, revestida pelo interior em placas de gesso cartonado contra o fogo, no exterior apresenta placas de subtelha e ripado em PVC para a colocação da telha cerâmica.

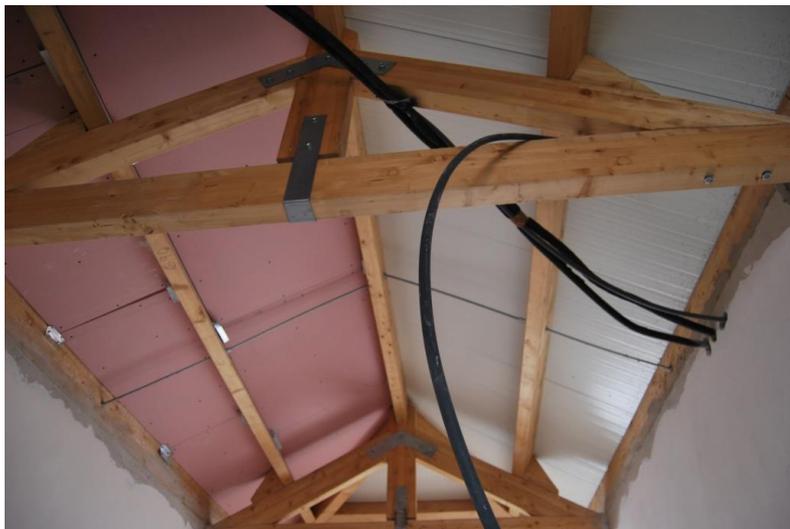


Figura 48 - Cobertura em asnas de madeira, com o pormenor das placas de gesso cartonado de proteção ao fogo e as placas de subtelha

A Figura 48 não mostra o aspeto final da cobertura, estando previsto em projeto a colocação de teto falso suspenso com sistema tipo Knauf, com placas de gesso cartonado, incluindo estrutura metálica de apoio, isolamento térmico roofmate fixado à estrutura de madeira, ocultando as asnas de madeira e também as tubagens dos coletores solares.



Figura 49 - Subtelha e ripas em PVC



Figura 50 - Colocação da telha cerâmica

Observou-se à colocação de placas de subtelha de impermeabilização e rufos de remate de cumeeiro, tipo ONDULINE ST50 com respetivas ripas de PVC para a fixação da telha do tipo SECULUM CONVENTUAL da SOTELHA.



Figura 51 - Telhado concluído com espaço para a  
recepção dos coletores solares

No final do estágio esta operação ainda não estava concluída, faltavam os trabalhos de carpintaria, instalações sanitárias e os equipamentos de lavandaria e da cozinha. Na Figura 52 pode-se ver o estado da fachada do edifício, faltando apenas a colocação das caixilharias exteriores.



Figura 52 - Fachada principal pintada

## 4.2 AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE IMÓVEIS

Durante o estágio foram também desenvolvidas atividades relativas à avaliação do estado de conservação de imóveis. Essas avaliações eram feitas tendo como base o Novo Regime de Arrendamento Urbano (NRAU).

Com o intuito de incentivar a reabilitação, a avaliação do estado de conservação de imóveis faz com que os proprietários desses imóveis tenham benefícios fiscais, caso se verifique um aumento de dois níveis no estado de conservação do imóvel. Para que isso aconteça, têm que ser realizadas duas vistorias: uma para determinar o seu estado de conservação inicial, antes de qualquer intervenção, e outra para determinar o seu estado de conservação final, após a reabilitação do edifício.

No quadro do Novo Regime de Arrendamento Urbano, foi concebido o "Método de avaliação do estado da conservação de imóveis" (MAEC) que visa determinar com rigor, objetividade e transparência o estado de conservação do locado e a existência de infraestruturas básicas [13].

“O estado de conservação do locado reflete os níveis de anomalias que afetam os elementos funcionais que constituem o imóvel, avaliados comparando as condições atuais com as condições que o imóvel proporcionava quando foi construído ou quando sofreu a última intervenção profunda. São consideradas infraestruturas básicas as instalações de distribuição de água, de eletricidade e de drenagem de águas residuais. Nos locados habitacionais incluem-se também nas infraestruturas básicas os equipamentos sanitário e de cozinha” [13].

No método de avaliação o rigor revela-se em procedimentos que permitem avaliar com pormenor as condições do imóvel observadas durante a vistoria, a objetividade decorre da avaliação se basear em regras claras e pré-definidas tornando os resultados tão independentes quanto possível do técnico que as aplica, e a transparência é assegurada pelo facto de o processo e o resultado poderem ser facilmente compreendidos por todos os intervenientes envolvidos [13].

O MAEC é constituído por uma ficha de avaliação (Figura 53 e Figura 54) e pelas presentes instruções de aplicação. Para obter informação que lhe permita preencher a ficha de avaliação, de acordo com os critérios estabelecidos nas instruções de aplicação, um técnico realiza presencialmente uma inspeção visual do locado e das partes comuns do edifício, caso existam [13].



**NRAU – NOVO REGIME DE ARRENDAMENTO URBANO**  
 Ficha de avaliação do nível de conservação de edifícios  
(Portaria n.º 1192-8/2006, de 3 de Novembro)

código do técnico
número da ficha

**A. IDENTIFICAÇÃO**

Rua/Av./PC.: .....

Número: ..... Andar: ..... Localidade: ..... Código postal: .....\*

Distrito: ..... Concelho: ..... Freguesia: .....

Artigo matricial: ..... Fração: ..... Código SIG (facultativo): .....

**B. CARACTERIZAÇÃO**

	N.º de pisos do edifício  _ _	N.º de unidades do edifício  _ _	Época de construção	Tipologia estrutural	N.º de divisões da unidade  _ _	Uso da unidade
--	----------------------------------	-------------------------------------	---------------------	----------------------	------------------------------------	----------------

**C. ANOMALIAS DE ELEMENTOS FUNCIONAIS**

	Anomalias					Não se aplica	Ponderação	Pontuação
	Muito ligeiras (5)	Ligeiras (4)	Médias (3)	Graves (2)	Muito graves (1)			
<b>Edifício</b>								
1. Estrutura	<input type="checkbox"/>	x 6 =	_____					
2. Cobertura	<input type="checkbox"/>	x 5 =	_____					
3. Elementos salientes	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
<b>Outras partes comuns</b>								
4. Paredes	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
5. Revestimentos de pavimentos	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____					
6. Tectos	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____					
7. Escadas	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
8. Catilharía e portas	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____					
9. Dispositivos de protecção contra queda	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
10. Instalação de distribuição de água	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____					
11. Instalação de drenagem de águas residuais	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____					
12. Instalação de gás	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____					
13. Instalação eléctrica e de iluminação	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____					
14. Instalações de telecomunicações e contra a intrusão	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____					
15. Instalação de ascensores	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
16. Instalação de segurança contra incêndio	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____					
17. Instalação de evacuação de fumo	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____					
<b>Unidade</b>								
18. Paredes exteriores	<input type="checkbox"/>	x 5 =	_____					
19. Paredes interiores	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
20. Revestimentos de pavimentos exteriores	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____					
21. Revestimentos de pavimentos interiores	<input type="checkbox"/>	x 4 =	_____					
22. Tectos	<input type="checkbox"/>	x 4 =	_____					
23. Escadas	<input type="checkbox"/>	x 4 =	_____					
24. Catilharía e portas exteriores	<input type="checkbox"/>	x 5 =	_____					
25. Catilharía e portas interiores	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
26. Dispositivos de protecção de vãos	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____					
27. Dispositivos de protecção contra queda	<input type="checkbox"/>	x 4 =	_____					
28. Equipamento sanitário	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
29. Equipamento de cozinha	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
30. Instalação de distribuição de água	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
31. Instalação de drenagem de águas residuais	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
32. Instalação de gás	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
33. Instalação eléctrica	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____					
34. Instalações de telecomunicações e contra a intrusão	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____					
35. Instalação de ventilação	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____					
36. Instalação de climatização	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____					
37. Instalação de segurança contra incêndio	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____					

**D. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIAS**

Total das pontuações (a)

Total das ponderações atribuídas aos elementos funcionais aplicáveis (b)

Índice de anomalias (a/b)

Figura 53 - Ficha de avaliação (frente)

**E. DESCRIÇÃO DE SINTOMAS QUE MOTIVAM A ATRIBUIÇÃO DE NÍVEIS DE ANOMALIAS "GRAVES" E/OU "MUITO GRAVES"**

Número do elemento funcional	Relato síntese da anomalia	Identificação das fotografias ilustrativas
_____	..... ..... .....	_____

**F. AVALIAÇÃO**

Com base na observação das condições presentes e visíveis no momento da vistoria e nos termos do artigo 6.º da Portaria 1192-B/2006, de 3 de Novembro, declaro que:

- O estado de conservação do locado é:
 

Excelente <input type="checkbox"/>	Bom <input type="checkbox"/>	Médio <input type="checkbox"/>	Mau <input type="checkbox"/>	Péssimo <input type="checkbox"/>
------------------------------------	------------------------------	--------------------------------	------------------------------	----------------------------------
- O estado de conservação dos elementos funcionais 1 a 17 é \_\_\_\_\_ (a preencher apenas quando tenha sido pedida a avaliação da totalidade do prédio)
- Existem situações que constituem grave risco para a segurança e saúde públicas e/ou dos residentes:
 

Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
------------------------------	------------------------------

**G. OBSERVAÇÕES**

.....  
.....  
.....  
.....

**H. TÉCNICO**

Nome do técnico: \_\_\_\_\_ Data de vistoria: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**I. COEFICIENTE DE CONSERVAÇÃO (preenchimento pela CAM)**

Nos termos do disposto na alínea c), do n.º 1, do artigo 49.º da Lei n.º 6/2006, de 27 de Fevereiro, e no artigo 15.º do Decreto-Lei n.º 161/2006, de 8 de Agosto, declara-se que o locado acima identificado possui o seguinte Coeficiente de Conservação: \_\_\_\_\_

Data de emissão: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (Validade: 3 anos)

(O preenchimento da ficha deve ser realizado de acordo as instruções de aplicação disponibilizadas no endereço electrónico [www.portaldahabitacao.pt/trau](http://www.portaldahabitacao.pt/trau))

Figura 54 - Ficha de avaliação (verso)

Conforme se pode ver na Figura 53 na ficha de avaliação existem itens que têm maior peso na avaliação do edifícios tais como: a estrutura, a cobertura, as paredes exteriores, as caixilharias e portas exteriores.

Durante o estágio foram realizadas 25 vistorias a edifícios e posteriormente procedeu-se à realização das respetivas fichas de avaliação do estado de conservação. A Tabela 5 diz respeito às vistorias realizadas pelo estagiário e encontra-se no Anexo I a ficha de avaliação do estado de conservação do edifício correspondente à vistoria realizada no quarteirão da Feitoria Inglesa Parcela 2 situado na Rua Mouzinho da Silveira nº 12 a 16, como exemplo.

Tabela 5 - Vistorias realizadas

Morada	Quarteirão	Parcela	Dia da Vistoria
Rua da Vitória nº 117 a 119	Misericórdia	14	19/02/2015
Rua das Taipas nº 62 a 66	Belmonte	11	19/02/2015
Rua de S. Bento da Vitória nº 6 a 8	S. Bento da Vitória	4	04/03/2015
Rua Mouzinho da Silveira nº 111 a 115	S. Domingos	9	04/03/2015
Rua de Sousa Viterbo nº 77 a 81	Ferreira Borges	4	04/03/2015
Rua Mouzinho da Silveira nº 12 a 16	Feitoria Inglesa	2	12/03/2015
Rua Mouzinho da Silveira nº 79 a 83	S. Domingos	4	12/03/2015
Rua Mouzinho da Silveira nº 85 a 89	S. Domingos	5	12/03/2015
Rua do Cativo nº 16 a 20	Porta do Sol	30	18/03/2015
Rua Ferreira Borges nº 82	Ferreira Borges	11	18/03/2015
Rua de Belmonte nº 23 a 25	Comércio do Porto	24	27/04/2015
Rua de S. João nº 81 a 83	Feitoria Inglesa	22	27/04/2015
Rua das Flores nº 245 a 247	Flores	21	30/04/2015
Rua da Bainharia nº 74 a 76	Bainharia	20	05/06/2015
Travessa da Rua Chã nº 10	Saraiva de Carvalho	20	07/07/2015
Rua Mouzinho da Silveira nº 334	Corpo da Guarda	15 Hab. 41	07/07/2015
Rua das Flores nº 269 a 271	Cardosas	5	14/07/2015
Rua das Flores nº 273 a 275	Cardosas	6	14/07/2015
Largo dos Lóios nº 15 a 20	Cardosas	31	14/07/2015
Rua Comércio do Porto nº 85 a 87	S. João Novo	12	14/07/2015
Cais das Pedras nº 43 a 45	Cais das Pedras	4 e 5	21/07/2015
Pátio de S. Salvador nº 10	Feitoria Inglesa	35	21/07/2015
Rua do Bonjardim nº 175 a 179	Caixa Geral Depósitos	12	21/07/2015
Rua de Sant´ana nº 16	Bainharia	29	28/07/2015
Rua das Flores nº 77 a 81	Flores	1	28/07/2015

Não foi possível efetuar uma vistoria inicial e outra final ao mesmo edifício, devido ao período de estágio ser relativamente curto em comparação ao processo de reabilitação de um edifício, deste

## *CAPÍTULO 4*

modo o estagiário nunca teve a oportunidade fazer a vistoria inicial, ou seja, antes do edifício ser reabilitado, e após a reabilitação do edifício fazer a vistoria final.

## **5 CASO DE ESTUDO**

O presente capítulo diz respeito ao estudo do comportamento térmico, no âmbito do Decreto-Lei n.º 118/2013, de uma fração de habitação para a qual o estagiário teve a oportunidade de acompanhar as obras de reabilitação durante o período de estágio curricular.

### **5.1 SOLUÇÕES ADOTADAS**

Conforme foi referido no capítulo 4, o caso de estudo está incluído na operação E2, projeto 9 referente ao Programa de Realojamento para o Morro da Sé. O projeto 9, diz respeito ao emparcelamento de 2 edifícios completamente demolidos, restando apenas as fachadas e empenas.

Este projeto situa-se no Largo da Pena Ventosa nºs 17 a 27, com uma área bruta de construção de 504,56 m<sup>2</sup> e vai ser constituído por 4 pisos, dando origem a dois espaços comerciais e a seis apartamentos de tipologia T1.

Apenas se fará o estudo de uma fração autónoma, fração F que fica no 2º andar e representada na figura seguinte:



Figura 55 - Fração em estudo  
2º andar fração F

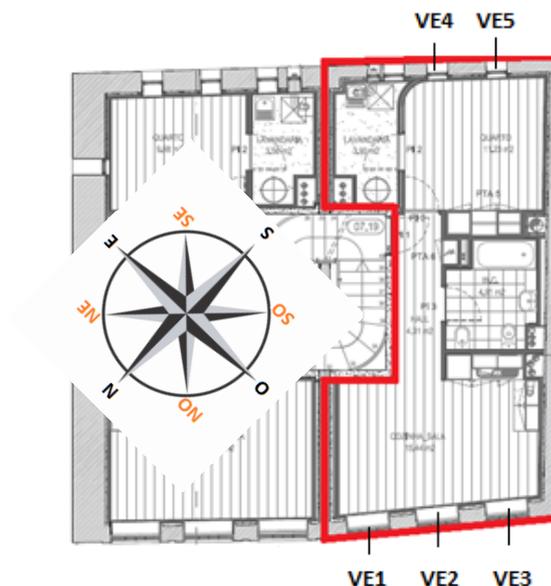


Figura 56 - Planta arquitetónica  
2º andar fração F

A fração em estudo corresponde a uma habitação unifamiliar, Tipologia T1. Esta fração divide-se em quatro compartimentos destinados a lavandaria, instalação sanitária, um quarto, cozinha e sala como se pode ver na Figura 56. Imediatamente abaixo e acima desta fração, encontram-se frações destinadas a habitação da mesma tipologia. A estrutura do edifício é reabilitada e caracteriza-se essencialmente por paredes resistentes com a inclusão de lajes aligeiradas na compartimentação horizontal das diferentes frações e a criação de um núcleo de betão armado na zona de circulação vertical. É de salientar que a escolha da fração foi feita de um modo aleatório, as restantes habitações têm todas os mesmos materiais e as áreas são idênticas, embora possam apresentar envolventes significativamente diferentes.

### 5.1.1 Descrição dos Trabalhos Observados

Na primeira visita realizada pelo estagiário à obra, esta já se encontrava concluída a nível estrutural. Uma vez que este edifício seria o seu caso de estudo, o estagiário acompanhou as tarefas realizadas e as soluções adotadas para a conclusão da habitação.

As figuras que se seguem tentam ilustrar o aspeto do edifício na primeira visita realizada pelo estagiário.



Figura 57 - Fachada principal



Figura 58 - Execução das paredes

Conforme se pode ver através das figuras, o edifício a nível estrutural já se encontrava concluído. No que diz respeito ao exterior do edifício, este já se encontrava com as fachadas pintadas, faltando o fechar dos vãos com a colocação das caixilharias e da porta de entrada. Quanto ao interior do edifício estava-se a proceder ao recobrimento das paredes já existentes através da aplicação do painel de gesso cartonado, levando pelo interior wallmate nas paredes para a lavandaria e nas restantes lã de rocha, tendo como estrutura de suporte o sistema de perfis metálicos tipo KNAUF (Figura 58).

Com o decorrer dos trabalhos, foram colocadas as caixilharias exteriores e respetivos envidraçados, assim como o assentamento da tijoleira na cozinha e na casa de banho. As imagens que se seguem demonstram o que foi referido neste parágrafo, assim como as paredes em gesso cartonado já concluídas.



Figura 59 - Caixilharias exteriores



Figura 60 - Cozinha com tijoleira



Figura 61 - Casa de banho

Em relação ao pavimento observou-se a colocação do pavimento flutuante em madeira aplicado sobre espuma de polietileno com 2mm de espessura, no quarto, sala e zona de circulação interior. Na instalação sanitária o revestimento de piso é tijoleira, tendo sido aplicado com cimento cola e as juntas tapadas com aguada de cimento branco.



Figura 62 – Aplicação do piso flutuante



Figura 63 – Piso em tijoleira

Após a conclusão do pavimento, foram visíveis novos avanços, nomeadamente na colocação das portadas interiores em MDF (Medium Density Fiberboard), e ainda a colocação dos rodapés, aros das portas e janelas, tudo pintado com tinta de esmalte. Verificou-se a aplicação das portadas interiores, assim como a pintura das paredes e dos tetos.



Figura 64 - Vista dos aros e rodapés



Figura 65 - Pormenor das portadas

No que respeita às zonas de circulação comum, eram visíveis os trabalhos de serralharia, a elaboração dos corrimões e posteriormente procedeu-se à pintura da caixa de escadas.



Figura 66 - Aplicação dos corrimões



Figura 67 - Caixa de escadas

Já numa fase final do estágio, procedeu-se ao acabamento da habitação e foram colocadas as portas interiores lisas em MDF, as louças sanitárias, os móveis da cozinha e o armário do quarto.



Figura 68 - Cozinha com móveis



Figura 69 - Quarto com móveis e portas interiores



Figura 70 - Casa de banho com  
louças sanitárias

No final do estágio a obra já se encontrava praticamente concluída, faltando apenas a conclusão de alguns detalhes no interior do edifício e o exterior já se encontrava pronto (Figura 71).



Figura 71 - Aspeto final do edifício

Em julho concluiu-se o acompanhamento da empreitada e apesar de o estagiário só ter começado a acompanhar esta empreitada já a meio do seu processo de reabilitação, teve a oportunidade, através do registo fotográfico, de ver a evolução dos trabalhos realizados antes da sua chegada.

É de realçar que foi possível fazer a reabilitação de um edifício cumprindo as atuais exigências sem que para isso fosse necessário alterar a sua identidade.

## 5.2 REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

Segundo o artigo 22.º do DL 118/2013 de 20 de Agosto, o REH estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente.

Os edifícios abrangidos pelo REH devem ser avaliados e sujeitos a requisitos tendo em vista promover a melhoria do seu comportamento térmico, a prevenção de patologias, o conforto ambiente e a redução das necessidades energéticas, incidindo, para esse efeito, nas características da envolvente opaca e envidraçada, na ventilação e nas necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e arrefecimento [14].

De acordo com o presente regulamento, o caso de estudo enquadra-se como uma grande intervenção, pois todas as soluções construtivas e sistemas técnicos serão alterados.

### 5.3 DADOS NECESSÁRIOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO

#### 5.3.1 Dados Climáticos

A fração em estudo está situada a uma distância à costa superior a 5km, está localizada no concelho do Porto, a uma altitude de 49m e apresenta a fachada principal orientada a Noroeste.

De acordo com o Despacho n.º15793-F/2013:

O Porto pertence à NUTS III designado por Grande Porto e nas Tabelas 04 e 05 do mesmo despacho, encontram-se os valores necessários para caracterizar os dados climáticos deste local, nomeadamente:

- $Z_{ref} = 94\text{m}$  – Altitude de referência (m);
- $GD = 1250^{\circ}\text{C-dia}$  – Graus dias para a altura de referência;
- $M = 6,2$  meses – Duração da estação para a altitude de referência;
- $a = 1,6^{\circ}\text{C/m}$  – Declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento;
- $G_{sul} = 130 \text{ kWh/m}^2$  – Energia solar média mensal num  $1\text{m}^2$  orientado a sul;
- $\Theta_{ext,v ref} = 20,9^{\circ}\text{C}$
- $a = 0^{\circ}\text{C/m}$

**Estação de Aquecimento**

$$GD = GD_{ref} + a \times (Z - Z_{ref}) = 1250 + 1,6 \times (49 - 94) = 1178^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

De acordo com a Tabela 02 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno, do despacho referido anteriormente, se  $GD \leq 1300$ , então o edifício está inserido na zona climática de Inverno **I1**.

$$M = M_{ref} + 0,002 \times (Z - Z_{ref}) = 6,2 + 0,002 \times (49 - 94) = 6,1 \text{ meses} \quad (2)$$

**Estação de Arrefecimento**

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,v ref} + a \times (Z - Z_{ref}) = 20,9 + 0 \times (49 - 94) = 20,9^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

De acordo com a Tabela 03 – Critérios para a determinação da zona climática de verão, do mesmo despacho, se  $20^{\circ}\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^{\circ}\text{C}$ , então o edifício está inserido na zona climática de Verão **V2**.

**5.3.2 Determinar Áreas e Dimensões**

Segundo o Decreto-Lei n.º 118/2013, a área interior útil de pavimento é o somatório das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis pertencentes ao edifício ou fração em estudo no âmbito do REH.

Tabela 6 - Áreas dos compartimentos

Compartimento	$A_p$ (m <sup>2</sup> )
Quarto	11,23
Cozinha_Sala	15,44
Casa de banho	4,91
Hall	4,31

$A_p$ total	35,89
-------------	-------

A habitação em estudo apresenta um pé-direito médio de 2,60m.

Área dos envidraçados exteriores foi medida no projeto de arquitetura e apresenta os valores indicados na tabela seguinte:

Tabela 7 - Área dos envidraçados

Designação	Caixilharia	Tipo de Vidro	Orientação	A <sub>TOTAL</sub> [m <sup>2</sup> ]
Vão envidraçado 1	Madeira	Duplo	Noroeste	1,29
Vão envidraçado 2	Madeira	Duplo	Noroeste	1,29
Vão envidraçado 3	Madeira	Duplo	Noroeste	1,29
Vão envidraçado 4	Madeira	Duplo	Sudeste	0,37
Vão envidraçado 5	Madeira	Duplo	Sudeste	0,37

### 5.3.3 Inércia Térmica

Segundo o despacho n.º 15793-K/2013, a inércia térmica interior de uma fração autónoma é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam, e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção.

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \cdot r \cdot S_i}{A_p} \quad (4)$$

Onde:

- $M_{si}$  – Massa superficial útil do elemento  $i$ , [kg/m<sup>2</sup>];
- $r$  – Fator de redução da massa superficial útil;
- $S_i$  – Área da superfície interior do elemento  $i$ , [m<sup>2</sup>];

De acordo com o valor obtido na equação 1 é classificada a classe de  $I_t$  da habitação de acordo com os critérios definidos na Tabela 8.

Tabela 8 - Classes de inércia térmica interior,  $I_t$ 

Classe de inércia térmica	$I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

A massa superficial útil de cada elemento de construção,  $M_{si}$ , é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento e do isolamento térmico e das características das soluções de revestimento superficial.

A figura seguinte ilustra os casos genéricos de elementos construtivos, distinguindo os seguintes tipos de elementos:

- EL1 – Elementos da envolvente exterior ou da envolvente interior, ou elementos de construção em contato com outra fração autónoma ou com edifício adjacente;
- EL2 – Elementos em contato com o solo;
- EL3 – Elementos de compartimentação interior da fração autónoma (parede ou pavimento).

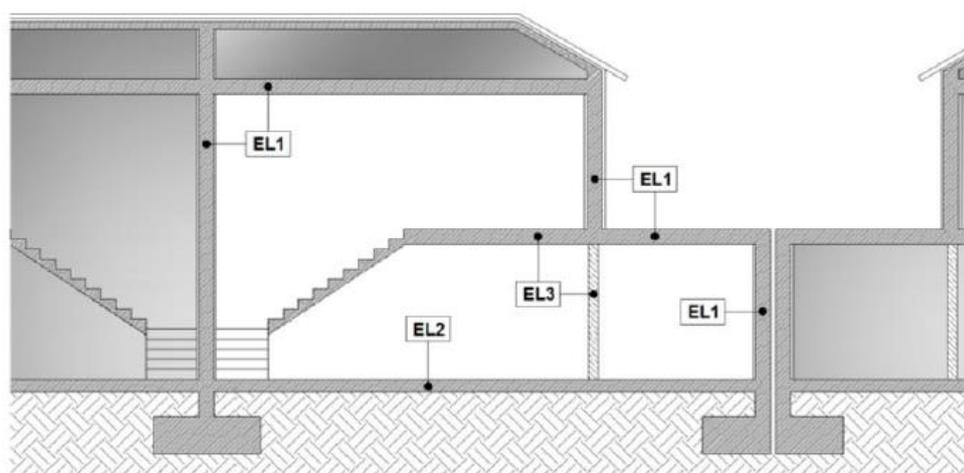


Figura 72 - Identificação dos elementos construtivos para o cálculo da inércia térmica

De seguida procede-se ao cálculo do  $M_{si}$  para cada tipo de elemento construtivo, sendo que no presente caso de estudo não existem elementos construtivos do tipo 2, pois a fração de estudo é um piso intermédio, não tendo elementos em contato com o solo.

Nota: no caso de elementos com uma camada de isolamento térmico, o valor de  $M_{si}$  tem de ser avaliado de forma isolada em cada um dos lados da camada de isolamento térmico, sendo que em cada um dos lados  $M_{si} = m_i$ , onde  $m_i$  corresponderá à massa do elemento desde o isolamento térmico até à face em análise, os valores parciais de  $M_{si}$  nunca podem ser superiores a  $150 \text{ kg/m}^2$ .

**EL1:**

- Paredes exteriores – em alvenaria de granito com placas de poliestireno extrudido revestidas a gesso cartonado.

Neste caso a  $M_{si}$  será nula.

- Paredes para espaços não úteis (ENU)

- Parede lavandaria, esta parede corresponde a uma parede em gesso cartonado, tornando-a assim numa parede leve, logo  $M_{si} \cong 0$ .

- Parede caixa de escadas - será em betão armado com aplicação de lã de rocha revestida a gesso cartonado pelo lado interior da habitação.

Assim,  $M_{si} \cong 0$ .

- Parede edifício adjacente = Parede fração adjacente – constituída em alvenaria de granito com a aplicação de betão projetado, poliestireno extrudido e revestida a gesso cartonado.

Logo,  $M_{si} \cong 0$ .

- Pavimento/Teto outras habitações

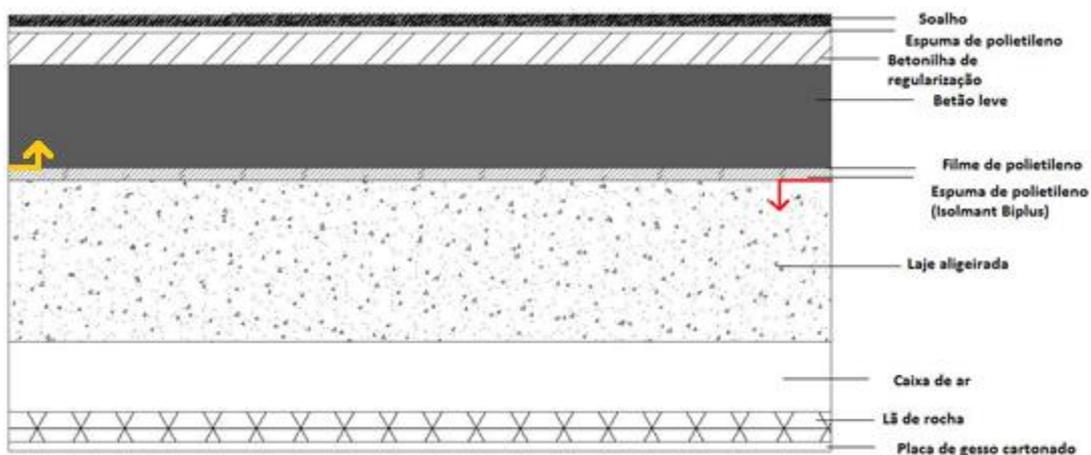


Figura 73 - Corte do pavimento/teto

Para o teto:

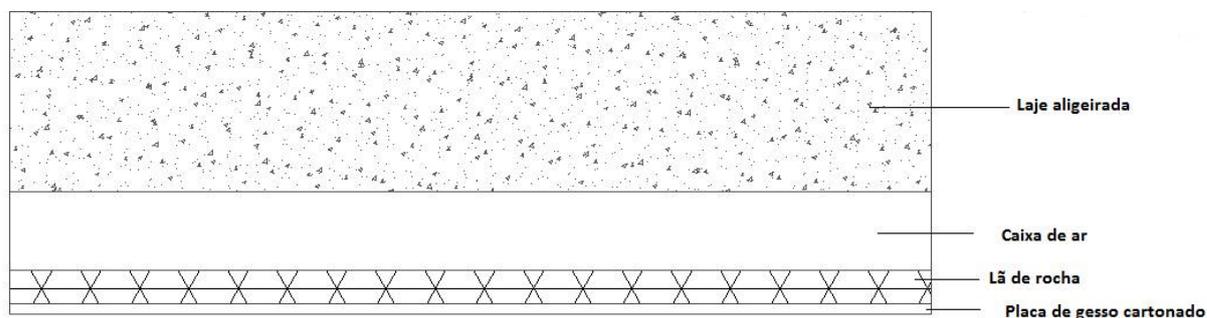


Figura 74 - Corte do teto

Em relação ao teto, a seta vermelha representada na Figura 73 identifica o local onde se calcula a massa do elemento desde o isolamento térmico até à face em análise, ou seja até à placa de gesso cartonado, neste caso temos de contabilizar a espessura na laje aligeirada, 20 cm e respetiva peso volúmico.

$$M_{si} = 0,20 \times 2500 = 500 \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad (5)$$

Como foi descrito anteriormente, os valores parciais de  $M_{si}$  não podem ser superiores a  $150 \text{ kg/m}^2$ , logo neste caso assume-se o valor máximo permitido  $150 \text{ kg/m}^2$ .

Visto que temos massa superficial do elemento, procede-se ao fator de redução de massa superficial,  $r$ , que depende da resistência térmica do revestimento interior, com inclusão da resistência térmica de uma eventual caixa-de-ar associada,  $R$ , considerando-se a aplicação das seguintes disposições:

- Para elementos tipo EL1 e EL2:
  - i. Se  $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ , o fator de redução,  $r$ , toma o valor de 0.
  - ii. Se  $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ , o fator de redução,  $r$ , toma o valor de 0,5, este vai ser o valor utilizado para este caso.
  - iii. Se  $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ , o fator de redução,  $r$ , toma o valor 1.

$$S_i = A_p = 35,89 \text{ m}^2 \quad (6)$$

Para o pavimento:

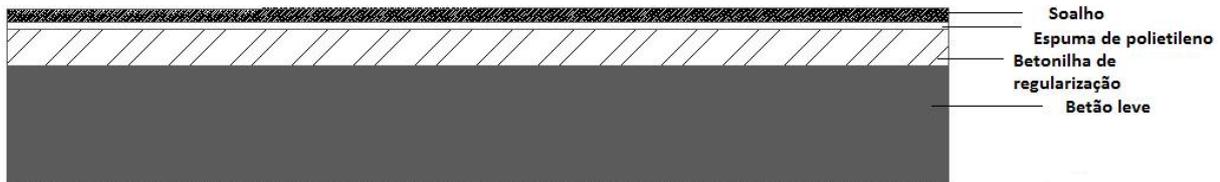


Figura 75 - Corte do pavimento

Em relação ao pavimento a seta laranja representada na Figura 73, identifica o local onde se calcula a massa do elemento desde o isolamento térmico até à face em análise, ou seja até ao solha, neste caso temos de contabilizar a espessura do betão leve, 5 cm e respetivo peso volúmico.

$$M_{si} = 0,05 \times 2500 = 150 \leq 150 \text{ kg/m}^2 \tag{7}$$

$$S_i = A_p = 35,89 \text{ m}^2 \tag{8}$$

**EL3**

- Paredes divisórias

As paredes divisórias são todas em placas de gesso cartonado, ou seja em material leve,  $M_{si} \cong 0$ .

Tabela 9 - Resumo para o cálculo da inércia

	Elementos	$M_{si}$	$S_i$	$r_i$	$M_{si} \cdot S_i \cdot r_i$
EL1	Paredes Exteriores	0	-	-	-
	Parede Lavandaria	0	-	-	-
	Parede C. Escadas	0	-	-	-
	Parede Edif. Adj.	0	-	-	-
	Parede Fração Adj.	0	-	-	-
	Teto	150	35,89	0,5	2691,75
	Pavimento	150	35,89	1	2691,75
EL3	Paredes Divisórias	0	-	-	-
	Total				5383,5

$$I_t = \frac{5383,5}{35,89} = 150 \geq 150 \text{ kg/m}^2 \tag{9}$$

Depois de efetuados os cálculos, chegou-se a uma conclusão quanto à classe de inércia da fração em estudo. Segundo a Tabela 8, estamos perante uma fração com a classe de inércia **média**.

### 5.3.4 Análise da Envolvente

O Cálculo das perdas de calor por transmissão em elementos que separam o espaço com condições de referência de espaços com temperaturas ambiente diferente do ar exterior, como é o caso dos elementos da envolvente interior, será afetado pelo coeficiente de redução de perdas  $b_{tr}$ , que traduz a redução da transmissão de calor.

Dado não ser possível conhecer com precisão o valor da temperatura do local não aquecido útil, admite-se que para alguns tipos de espaços não úteis  $b_{tr}$ , pode tomar valores tabelados no despacho nº 15793-K/2013, em função da taxa de renovação de ar, da razão  $A_i/A_u$  e do volume dos referidos espaços.

Onde:

- $A_i$  - é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil ( $m^2$ );
- $A_u$  - é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior ( $m^2$ );
- $V_{enu}$  - é o volume do espaço não útil ( $m^3$ ).

Após o cálculo do quociente  $A_i/A_u$  e o volume do espaço não útil, consulta-se a seguinte tabela para saber qual o valor de  $b_{tr}$  do espaço não útil em questão.

Tabela 10 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis,  $b_{tr}$

$b_{tr}$	$V_{enu} \leq 50 m^3$		$50 m^3 < V_{enu} \leq 200 m^3$		$V_{enu} > 200 m^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0,5$	1,0		1,0		1,0	
$0,5 \leq A_i/A_u < 1$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0

$1 \leq A_i / A_u < 2$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2 \leq A_i / A_u < 4$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i / A_u > 4$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

em que:

- f – Espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;
- F – Espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

A fração em estudo apresenta dois espaços não úteis com os quais contacta, a caixa de escadas e a lavandaria.

Deste modo e fazendo os cálculos, obteve-se os seguintes valores de  $b_{tr}$ .

- Caixa de Escadas:

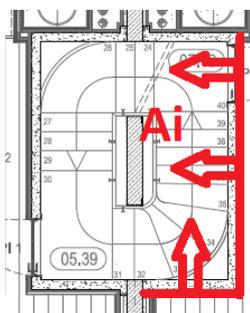


Figura 76 – Pormenor da caixa de escadas para o cálculo do  $A_i$

$$A_i \text{ (consideram-se todos os pisos)} = 80,81 \text{ m}^2 \quad (10)$$

$$A_u \text{ (Área da cobertura)} = 13,96 \text{ m}^2 \quad (11)$$

$$V_{enu} = 129,46 \text{ m}^3 \quad (12)$$

- Lavandaria:

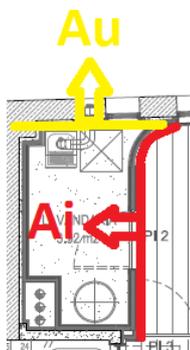


Figura 77 - Pormenor da lavandaria para o cálculo do  $A_i$  e  $A_u$

$$A_i = 8,03 \text{ m}^2 \quad (13)$$

$$A_u = 8,61 \text{ m}^2 \quad (14)$$

$$V_{enu} = 10,19 \text{ m}^3 \quad (15)$$

Tabela 11 – Resumo para o cálculo do  $b_{tr}$

ENU	$A_i$ (m <sup>2</sup> )	$A_u$ (m <sup>2</sup> )	$A_i / A_u$		Volume do ENU (m <sup>3</sup> )	f/F	$b_{tr}$
Caixa de Escadas	80,81	13,96	5,7	$A_i/A_u > 4$	129,46	F	0,8
Lavandaria	8,03	8,61	0,93	$0,5 \leq A_i/A_u < 1$	10,19	F	0,9

Obtidos os valores de  $b_{tr}$ , é possível proceder à marcação das envolventes da fração autónoma em estudo, tendo em conta que o edifício adjacente apresenta um  $b_{tr}$  de 0,6.



Figura 78 - Marcação das envolventes

### 5.3.5 Soluções Construtivas – Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial

#### 5.3.5.1 Paredes Exteriores

A parede exterior PE4 é constituída por alvenaria de pedra de 21 cm, poliestireno extrudido XPS de 5 cm e é revestida a placa de gesso cartonado com 1,5 cm. A figura seguinte mostra um corte da parede em questão.

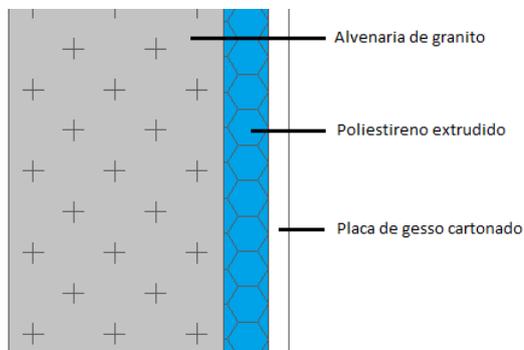


Figura 79 - Corte da parede PE4

Tabela 12 - Cálculo do U da parede PE4

Parede – PE4	esp (m)	Condutibilidade térmica (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)
Resistência superficial exterior, Rse	-	-	0,04
Alvenaria de granito	0,21	2,8	0,08
Poliestireno extrudido	0,05	0,037	1,35
Placa de gesso cartonado	0,015	0,25	0,08
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m <sup>2</sup> .°C/W)			1,68
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m <sup>2</sup> .°C)			0,6

A parede exterior PE5 é constituída por alvenaria de pedra de 30 cm, camada de reforço de betão projetado com 5 cm, poliestireno extrudido XPS de 5 cm e revestida com placa de gesso cartonado de 1,5 cm. A figura seguinte mostra um corte da parede em questão.

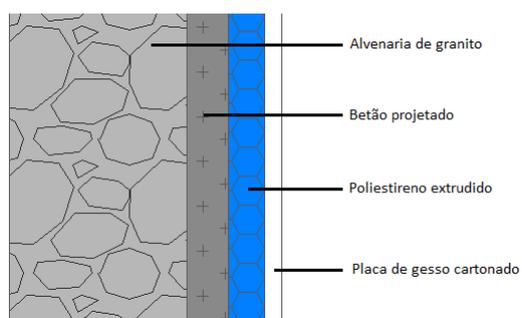


Figura 80 - Corte da Parede PE5

Tabela 13 - Cálculo do U da parede PE5

Parede – PE5	esp (m)	Condutibilidade térmica (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)
Resistência superficial exterior, Rse	-	-	0,04
Alvenaria de granito	0,3	2,8	0,08
Betão projetado	0,05	2,3	0,02
Poliestireno extrudido	0,05	0,037	1,35
Placa de gesso cartonado	0,015	0,25	0,08
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m <sup>2</sup> .°C/W)			1,73
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m <sup>2</sup> .°C)			0,58

A parede exterior PE6 é constituída por alvenaria de pedra de 38 cm, com um espaço de ar de 2 cm, poliestireno extrudido XPS de 5 cm e revestida com placa de gesso cartonado de 1,5 cm. A figura seguinte mostra um corte da parede em questão.

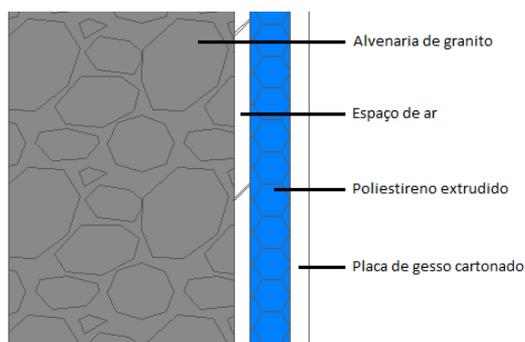


Figura 81 - Corte da parede PE6

Tabela 14 - Cálculo do U da parede PE6

Parede – PE6	esp (m)	Condutibilidade térmica (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)
Resistência superficial exterior, Rse	-	-	0,04
Alvenaria de granito	0,38	2,8	0,08
Espaço de ar	0,02	-	0,18
Poliestireno extrudido	0,05	0,037	1,35
Placa de gesso cartonado	0,015	0,25	0,08
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m <sup>2</sup> .°C/W)			1,92
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m <sup>2</sup> .°C)			0,52

### 5.3.5.2 Paredes para Espaços não Úteis

A parede interior PI3, que corresponde às paredes divisórias é constituída por dupla placa de gesso cartonado com 2,5 cm, espaço de ar de 1 cm, lã de rocha de 4 cm, espaço de ar 2 cm e dupla placa de gesso cartonado de 2,5 cm. A figura seguinte mostra um corte da parede em questão.

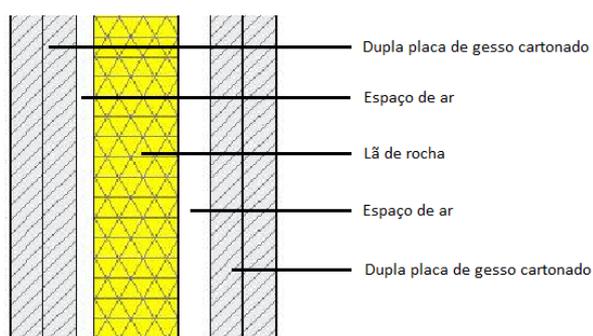


Figura 82 - Corte da parede PI3

Tabela 15 - Cálculo do U da parede PI3

Parede – PI3	esp (m)	Condutibilidade térmica (W/m.°C)	Rj (m².°C/W)
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Dupla placa de gesso cartonado	0,025	0,25	0,16
Espaço de ar	0,03	-	0,18
Lã de rocha	0,04	0,04	1
Dupla placa de gesso cartonado	0,025	0,25	0,16
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m².°C/W)			1,76
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m².°C)			0,57

A parede PI4 corresponde à parede que separa a caixa de escadas da habitação e é constituída 15 cm de betão armado, 4 cm de lã de rocha e 1,5 cm de placa de gesso cartonado. A figura seguinte ilustra o corte da parede em questão.

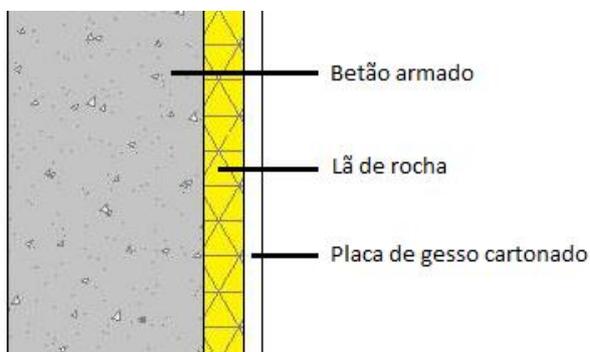


Figura 83 - Corte da parede PI4

Tabela 16 - Cálculo do U da parede PI4

Parede – PI4	esp (m)	Condutibilidade térmica (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Betão armado	0,15	2,3	0,07
Lã de rocha	0,04	0,04	1
Placa de gesso cartonado	0,015	0,25	0,08
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m <sup>2</sup> .°C/W)			1,41
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m <sup>2</sup> .°C)			0,71

A parede que separa o edifício adjacente é representada pela sigla PI5, sendo constituída por 1,5 cm de placa de gesso cartonado, 5 cm de polietileno extrudido, 5 cm de betão projetado e 29 cm de alvenaria de granito. A figura seguinte ilustra o corte da parede em questão.

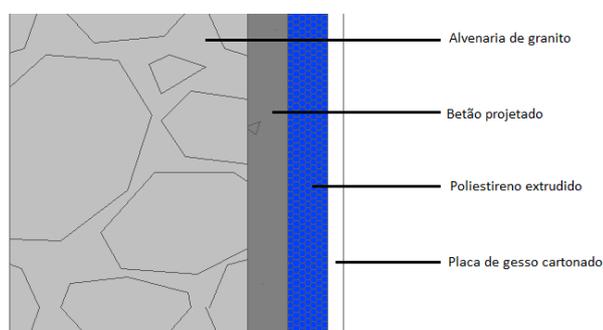


Figura 84 - Corte da parede PI5

Tabela 17 - Cálculo do U da parede PI5

Parede – PI5	esp (m)	Condutibilidade térmica (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Placa de gesso cartonado	0,015	0,25	0,08
Poliestireno extrudido	0,05	0,037	1,35
Betão projetado	0,05	2,3	0,02
Alvenaria de granito	0,29	2,8	0,1
Resistência superficial interior, Rsi	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m <sup>2</sup> .°C/W)			1,82
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m <sup>2</sup> .°C)			0,55

### 5.3.5.3 Envidraçados Exteriores

A fração em estudo é constituída por 5 envidraçados, designados pelas seguintes siglas VE1, VE2, VE3, VE4 e VE5, os envidraçados são em vidro duplo corrente de 6 mm + 8 mm com 10 mm de lâmina de ar, com portadas interiores de madeira opacas de cor clara.

Os envidraçados VE1, VE2 e VE3 têm quadrícula e estão orientados a Noroeste, enquanto os envidraçados VE4 e VE5 não têm quadricula e estão orientados a Sudeste.

Obtiveram-se por consulta do ITE50 e da legislação os seguintes parâmetros de caracterização do seu comportamento térmico.

- $U = 2,60 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ ;
- $g_{\perp,vi} = 0,75$  (Sem proteção);
- $g_{Tvc} = 0,35$  (Com proteção);
- $g_T = \frac{g_{\perp,vi} \times g_{Tvc}}{0,75} = 0,35$  (16)

Nota: para as portas foi considerado o valor de  $1,75 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C}$ , tendo-se optado por utilizar o valor máximo possível de acordo o REH.

### 5.3.6 Verificação dos Requisitos Mínimos

#### 5.3.6.1 Envolvente Opaca

Todos os elementos da envolvente opaca em zona corrente devem apresentar o coeficiente de transmissão não superior ao máximo permitido na lei.

Tabela 18 - Resumo dos requisitos mínimos e os valores dos coeficientes de transmissão térmica de cada elemento da envolvente

Verificação dos requisitos mínimos			Zona Climática I1		
Elemento	Em contato com envolvente	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	$U_{ref}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	Verificação
Parede Exterior PE4	Exterior	0,6	0,5	1,75	OK
Parede Exterior PE5	Exterior	0,58	0,5	1,75	OK
Parede Exterior PE6	Exterior	0,52	0,5	1,75	OK
Parede Interior PI3	ENU (btr > 0,7)	0,57	0,5	1,75	OK
Parede Interior PI4	ENU (btr > 0,7)	0,71	0,5	1,75	OK
Parede Interior PI5	ENU (btr < 0,7)	0,55	1	2	OK
Porta	Exterior	1,75	0,5	1,75	OK

Optou-se também por fazer a comparação com o valor de referência e de salientar que todos os elementos da envolvente interior com requisitos de exterior apresentam valores superiores aos de referência.

#### 5.3.6.2 Vãos Envidraçados

Na Tabela 19 são apresentados os valores relativos aos ângulos de sombreamento dos envidraçados bem como dos coeficientes de transmissão.

Tabela 19 - Fatores de sombreamento dos vãos envidraçados

Vão envidraçado exterior	Orientação	Área (m <sup>2</sup> )	Tipo de vidro	Obstrução do Horizonte ( $\alpha$ ) <sup>(1)</sup>	Pala Horizontal ( $\alpha$ )	Pala Vertical à esquerda ( $\beta$ esq.)	Pala vertical à direita ( $\beta$ dir.)	Uwdn (W/m <sup>2</sup> .°C)	Uref (W/m <sup>2</sup> .°C)
V1	Noroeste	1,29	Duplo	45°	0	0	0	2,6	2,9
V2	Noroeste	1,29	Duplo	45°	0	0	0	2,6	2,9
V3	Noroeste	1,29	Duplo	45°	0	0	0	2,6	2,9
V4	Sudeste	0,37	Duplo	45°	0	0	0	2,6	2,9
V5	Sudeste	0,37	Duplo	45°	0	0	0	2,6	2,9

(1)  $\alpha = 45^\circ$ , por o edifício se situar em ambiente urbano, sem existência de edifícios vizinhos de grande altura.

As exigências a impor aos envidraçados procuram evitar o sobre aquecimento no verão e dependem da área de envidraçados em relação à área dos compartimentos onde estão inseridos.

Tabela 20 - Relação da área dos envidraçados com a área do respetivo compartimento

Envidraçados	Compartimento	Orientação	A <sub>envidraçado</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>pavimento</sub> (m <sup>2</sup> )	15%A <sub>pavimento</sub> (m <sup>2</sup> )	Verificação
VE1	Cozinha_Sala	NW	-	-	-	Isento
VE2						
VE3						
VE4	Quarto	SE	0,37 + 0,37 = 0,74	11,23	1,68	A <sub>env</sub> < 15% A <sub>pav</sub>
VE5						

Verificação dos Requisitos Mínimos de Qualidade dos vãos envidraçados deve ser realizada considerando os dispositivos de proteção 100% ativados, estando isentos os que se encontram orientados no quadrante Norte. De acordo com a Portaria 349-B/2013, considerando a classe de inércia térmica Média e zona climática V2, o fator solar máximo encontra-se no seguinte quadro:

Tabela 21 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados,  $g_T máx$ 

$g_T máx$	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Classe de Inércia			
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Como a área dos envidraçados do quarto é inferior a 15% da área do pavimento a exigência a verificar é a seguinte:

$$g_T \times F_o \times F_f \leq g_T máx \quad (17)$$

em que:

- $g_T$  – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados;
- $F_o$  – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;
- $F_f$  – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício;
- $g_T máx$  – Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados, obtido da Tabela 21.

Tabela 22 - Fatores sombreamento de elementos horizontais ( $F_o$ ) e verticais ( $F_f$ ) na estação de arrefecimento

Envidraçado	Orientação	$F_o$		$F_o$ final	$F_f$			$F_f$ final
		$\alpha$	Arref.		$\beta_{esq}$	$\beta_{dir}$	Arref.	
V4 e V5	SE	0	1	1	1	1	1	1

Nota: De acordo com o Despacho n.º 1579-K/2013, para contabilizar o efeito de sombreamento provocado pelo contorno do vão e exceto quando este se situar à face exterior da parede, o produto  $F_o \times F_f$  não deve ser superior a 0,9 logo no caso em estudo  $F_o \times F_f = 0,9$ .

Tabela 23 - Verificação do fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção de 100% ativados

Envidraçado	$g_T$	$F_o \times F_f$	$g_T \times F_o \times F_f$	$g_T \text{ máx}$	Verificação
V4 e V5	0,35	0,9	0,315	0,56	0,315 < 0,56 OK!!

No caso em estudo os envidraçados cumprem com a verificação exigida na Portaria 349-B/2013 ponto 2.3.

### 5.3.7 Pontes Térmicas Lineares

Os valores  $\Psi$  e  $\Psi_{\text{ref}}$ , que se apresentam na tabela seguinte foram retirados do Despacho n.º 15793-K/2013 Tabela 07 e da Portaria 349-B/2013 Tabela I.02, respetivamente e dizem respeito às ligações que efetivamente se verificam nesta fração autónoma.

Tabela 24 - Pontes térmicas lineares

Tipo de ligação entre elementos	B (m)	$\Psi$ (W/m. °C)	$\Psi_{\text{ref}}$ (W/m. °C)
Fachada com Pavimento intermédio	7,89 x 2 = 15,78	0,6	0,5
Fachada com caixilharia	18,86	0,25	0,2

### 5.3.8 Perdas por Transmissão

- Elementos da envolvente em contato com o exterior

$$H_{\text{ext}} = \sum(U_i \times A_i) + \sum(\Psi_j \times B_j) \quad (18)$$

Tabela 25 - Envolvente em contato com o exterior, paredes

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
PE4	3,64	0,6	2,19
PE5	7,5	0,58	4,35
PE6	4,79	0,52	2,49
		Total	9,02

Tabela 26 - Envolvente em contato com o exterior, vãos envidraçados

Vãos envidraçados exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Env. 1	1,29	2,6	3,35
Env. 2	1,29	2,6	3,35
Env. 3	1,29	2,6	3,35
Env. 4	0,37	2,6	0,96
Env. 5	0,37	2,6	0,96
		Total	11,99

Tabela 27 - Pontes térmicas lineares em contato com o exterior

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Compr. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com pavimentos intermédios	15,78	0,6	9,47
Fachada com caixilharia	18,86	0,25	4,72
		Total	14,18

$$H_{ext} = 9,02 + 11,99 + 14,18 = 35,19 \text{ W/°C} \quad (19)$$

- Elementos da envolvente em contato com espaços não úteis

$$H_{enu} = btr \times [\sum(U_i \times A_i) + \sum(\psi_j \times B_j)] \quad (20)$$

Tabela 28 - Envolvente em contato com espaços não úteis, paredes interiores

Paredes Interiores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr	btr.U.A (W/°C)
PI3	8,27	0,71	0,9	5,28
Porta lavanderia	1,78	1,75	0,9	2,80
PI4	13,73	0,57	0,8	6,26
Porta caixa de escadas	1,80	1,75	0,8	2,52
Total				16,87

Tabela 29 - Pontes térmicas lineares em contato com espaços não úteis

Pontes térmicas lineares (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com btr > 0,7)	Compr. B (m)	ψ (W/m.°C)	btr	btr.ψ.B (W/°C)
Parede lavanderia com pavimento e teto	6,18	0,5	0,9	2,78
Parede c. escadas com pavimento e teto	10,84	0,6	0,8	5,20
Total				7,98

- Elementos da envolvente em contanto com edifícios adjacentes

$$H_{adj} = btr \times [\sum(U_i \times A_i)] \quad (21)$$

Tabela 30 - Envolvente em contato com edifício adjacente, paredes interiores

Paredes Interiores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr	btr.U.A (W/°C)
PI5	25,19	0,55	0,6	8,31
Total				8,31

### Estação de Aquecimento

De acordo com Despacho n.º 15793-I/2013, ao longo da estação de aquecimento e devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, a transferência de calor por transmissão global, que ocorre através da envolvente, traduz-se em perdas de calor calculadas de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \quad (22)$$

onde:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \quad (23)$$

em que:

- $H_{tr,i}$  – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão, (W/°C).
- $H_{ext}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com o exterior, (W/°C);
- $H_{enu}$  - Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com espaços não úteis, (W/°C);
- $H_{adj}$  - Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com edifícios adjacentes, (W/°C);
- $H_{ecs}$  - Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com o solo, (W/°C).

$$H_{tr,i} = 35,19 + 16,87 + 7,98 + 8,31 = 68,36 \text{ W/°C} \quad (24)$$

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times 1178 \times 68,36 = 1932,67 \text{ kWh} \quad (25)$$

### Estação de Arrefecimento

A transferência de calor por transmissão durante a estação de arrefecimento, que ocorre através da envolvente calcula-se de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{tr,v} = 2,928 \times (25 - \theta_{ext,v}) \times H_{tr,v} \quad (26)$$

onde:

$$H_{tr,v} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} \quad (27)$$

$$\Leftrightarrow H_{tr,v} = 35,19 + 24,86 = 60,05 \text{ kWh} \quad (28)$$

$$Q_{tr,v} = 2,928 \times (25 - 20,9) \times 60,05 = 720,89 \text{ kWh} \quad (29)$$

### 5.3.9 Renovação de ar

O edifício apresenta ventilação mecânica permanente através da exaustão realizada na cozinha e na instalação sanitária.

O valor referente à taxa de renovação de ar, RPH, da ventilação mecânica é retirado da folha de cálculo do LNEC, que se encontra no Anexo III do presente documento, tendo em conta que o edifício se encontra na Região A, em zona urbana (Rugosidade do tipo I), altitude do local igual a 49 metros, e não se considera haver dispositivos de admissão de ar nas fachadas, por meio de grelhas autorreguláveis. As caixilharias não têm classificação na classe de permeabilidade ao ar.

A exaustão por meios mecânicos apresenta um caudal nominal de 60 m<sup>3</sup>/h.

O resultado obtido através da folha de cálculo do LNEC foi:

- Rph = 0,60 h<sup>-1</sup>

O valor obtido é superior ao mínimo exigido pelo REH (0,4 h<sup>-1</sup>), logo podemos aceitar o sistema de ventilação previsto para esta fração autónoma.

### Estação de Aquecimento

As perdas de calor por ventilação relativas à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento são calculadas através das seguintes expressões:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} \quad (30)$$

onde:

$$H_{ve,i} = 0,34 \times Rph_i \times Ap \times Pd \quad (31)$$

em que:

$H_{ve,i}$  – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, (W/°C).

$$H_{ve,i} = 0,34 \times 0,60 \times 35,89 \times 2,6 = 20,31 \text{ W/°C} \quad (32)$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times 1178 \times 20,31 = 574,20 \text{ kWh} \quad (33)$$

### Estação de Arrefecimento

A transferência de calor relativas à renovação de ar interior durante a estação de aquecimento é calculada através da seguinte expressão:

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times 2,928 \quad (34)$$

onde:

$$H_{ve,v} = 0,34 \times Rph_v \times Ap \times Pd \quad (35)$$

$$\Leftrightarrow H_{ve,v} = 0,34 \times 0,60 \times 35,89 \times 2,60 = 20,31 \text{ W/}^\circ\text{C} \quad (36)$$

Nota: O valor do Rph toma o mesmo valor que a estação de aquecimento, devido ao resultado obtido na folha de cálculo do LNEC ser  $\geq 0,60 \text{ h}^{-1}$ .

$$Q_{ve,v} = 20,31 \times (25 - 20,9) \times 2,928 = 243,70 \text{ kWh} \quad (37)$$

### 5.3.10 Ganhos Solares Brutos através dos Envidraçados Exteriores

#### Estação de Aquecimento

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \times \sum_j \left[ X_j \times \sum_n F_{s,ijn} \times A_{s,ijn} \right] \times M \quad (38)$$

em que:

- $X_j$  – Fator de orientação para as diferentes exposições de acordo com a Tabela 31;
- $F_{s,ijn}$  – Fator de obstrução do vão envidraçado  $n$  com a orientação  $j$  na estação de aquecimento;
- $A_{s,ijn}$  – Área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície  $n$  com a orientação  $j$ , ( $\text{m}^2$ );

- $j$  – Índice que corresponde a cada uma das orientações;
- $n$  – Índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação  $j$ ;

Tabela 31 - Fator de orientação para as diferentes exposições,  $X_j$

Orientação do vão (j)	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
$X_j$	0,27	0,33	1	0,84	0,56	0,89

No caso em estudo os envidraçados encontram-se orientados a SE e NW, o fator de orientação vai ser 0,33 e 0,84 respetivamente.

$$A_{s,i} = A_w \times F_g \times g_i \quad (39)$$

Devido a não existir dispositivos de sombreamento, o fator solar será igual ao fator solar do vidro para uma incidência normal, afetado do fator de seletividade angular, mediante a expressão anterior.

em que:

- $A_w$  – Área total do vão envidraçado, incluindo o caixilho e o vidro, (m<sup>2</sup>);
- $F_g$  – Fração envidraçada do vão envidraçado;
- $g_i$  – Fator solar de inverno;

onde:

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi} \quad (40)$$

- $F_{w,i}$  – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados, toma o valor 0,9 para a estação de aquecimento;
- $g_{\perp,vi}$  – Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão.

$$\text{Assim o } g_i = 0,9 \times 0,75 = 0,675 \quad (41)$$

**Envidraçados orientados a SE e NW:**

- $X_j$  (SE) = 0,84
- $X_j$  (NW) = 0,33
- $F_g$  (SE) = 0,65 (madeira sem quadrícula)
- $F_g$  (NW) = 0,57 (madeira com quadrícula)
- $A_{s,i}(SE) = A_w \times 0,65 \times 0,675$  (42)
- $A_{s,i}(NW) = A_w \times 0,57 \times 0,675$  (43)
- Sombreamento do horizonte –  $\alpha=45^\circ$  :  $F_h(SE) = 0,48$  ;  $F_h(NW) = 0,8$
- Sombreamento devido a elementos horizontais –  $F_o = 1$
- Sombreamento devido a elementos verticais –  $F_f = 1$

Para contabilizar o efeito de sombreamento provocado pelo contorno do vão e exceto quando este se situar à face exterior da parede, o produto  $F_o \times F_f = 0,9$ . É este o valor assumido no caso em estudo.

**Fato de obstrução,  $F_s$ :**

$$F_s = F_h \times F_o \times F_f \quad (44)$$

$$F_s(SE) = F_h \times F_o \times F_f \Leftrightarrow F_s(SE) = 0,48 \times 0,9 = 0,43 \quad (45)$$

$$F_s(NW) = F_h \times F_o \times F_f \Leftrightarrow F_s(NW) = 0,80 \times 0,9 = 0,72 \quad (46)$$

**Verificação:**

$$\text{Em nenhum caso o produto } X_j \times F_h \times F_o \times F_f \geq 0,27 \quad (47)$$

- SE

$$X_j \times F_s \geq 0,27 \Leftrightarrow 0,84 \times 0,43 = 0,36 \geq 0,27 \quad \text{Verifica!} \quad (48)$$

- NW

$$X_j \times F_s \geq 0,27 \Leftrightarrow 0,33 \times 0,72 = 0,24 \geq 0,27 \quad \text{Não Verifica!} \quad (49)$$

Como não verifica, tem que se calcular novo  $F_s$ .

$$X_j \times F_s \geq 0,27 \Leftrightarrow 0,33 \times F_s \geq 0,27 \Leftrightarrow F_s = 0,82 \quad (50)$$

Tabela 32 - Resumo para o cálculo dos ganhos solares brutos na estação de aquecimento

Envidraçados	Orientação	Área (m <sup>2</sup> )	Fator de Orientação $X_j$	Fator solar $F_{w,i} \times g_{\perp,vi}$	Fator de obstrução $F_s$	Fração Envidraçada $F_g$		Área Efetiva Ae (m <sup>2</sup> )
Quarto	SE	0,74	0,84	0,675	0,43	0,65	=	0,12
Cozinha/Sala	NW	3,87	0,33	0,675	0,82	0,57	=	0,40
							Total	0,52

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \times \sum_j \left[ X_j \times \sum_n F_{s,ijn} \times A_{s,ijn} \right] \times M \quad (51)$$

$$\Leftrightarrow Q_{sol,i} = 130 \times 0,52 \times 6,1 = 412,51 \text{ kWh/ano} \quad (52)$$

### Estação de Arrefecimento

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[ I_{solj} \times \sum_n F_{s,vnj} \times A_{s,vnj} \right] \quad (53)$$

em que:

- $F_{s,vnj}$  – Fator de obstrução da superfície do elemento  $n$ , com a orientação  $j$ ;
- $A_{s,vnj}$  – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento  $n$  com a orientação  $j$ , (m<sup>2</sup>);
- $j$  – Índice que corresponde a cada umas das orientações por octante e à posição horizontal;

- $n$  – Índice que corresponde a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação  $j$ .

A área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado com orientação  $j$ , deve ser calculada através da seguinte expressão, aplicável a espaços úteis e não úteis:

$$A_{s,vnj} = A_w \times F_g \times g_v \quad (54)$$

onde:

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp} \quad (55)$$

Devido à ausência de dispositivos de proteção solar fixos,  $g_{Tp}$  corresponde a  $F_{w,v} \times g_{\perp,vi}$ .

em que:

- $g_v$  – Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento;
- $F_{mv}$  – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados, de acordo com a Tabela 33;

Tabela 33 - Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados,  $F_{mv}$ .

Orientação do vão	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
$F_{mv}$	0	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9

- $g_T$  – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados;
- $g_{Tp}$  – Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes;
- $F_{w,v}$  – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados, de acordo com a tabela seguinte.

Tabela 34 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento,

$$F_{w,v}$$

Orientação do vão	$F_{w,v}$				
	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W
Vidro plano duplo	0,8	0,85	0,75	0,85	0,85

**Envidraçados orientados a SE e NW:**

- $F_{mv}(SE) = 0,7$
- $F_{mv}(NW) = 0,4$
- $g_T = 0,35$
- $g_{T,vi} = 0,75$
- $F_{w,v} = 0,85$
- $F_g(SE) = 0,65$  (madeira sem quadrícula)
- $F_g(NW) = 0,57$  (madeira com quadrícula)
- Sombreamento do horizonte –  $F_h = 1$
- Sombreamento devido a elementos horizontais –  $F_o = 1$
- Sombreamento devido a elementos verticais –  $F_f = 1$

Como já foi referido anteriormente, para contabilizar o efeito de sombreamento provocado pelo contorno do vão e exceto quando este se situar à face exterior da parede, o produto  $F_o \times F_f = 0,9$ .

**Fator de obstrução,  $F_s$ :**

$$F_s = F_h \times F_o \times F_f \tag{56}$$

$$F_s(SE) = F_s(NW) = F_h \times F_o \times F_f \Leftrightarrow F_s(SE) = 1 \times 0,9 = 0,9 \tag{57}$$

Fator solar global,  $g_T$ :

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp} \quad (58)$$

$$g_{Tp} = 0,85 \times 0,75 = 0,64 \quad (59)$$

$$g_v(SE) = 0,7 \times 0,35 + (1 - 0,7) \times 0,64 = 0,44 \quad (60)$$

$$g_v(NW) = 0,4 \times 0,35 + (1 - 0,4) \times 0,64 = 0,524 \quad (61)$$

Tabela 35 - Cálculo dos ganhos solares brutos na estação de arrefecimento

Envidraçados	Orientação	Área (m <sup>2</sup> )	Fator solar do vão envidraçado $g_v$	Fração Envidraçada $F_g$	Fator de obstrução $F_s$	Intensidade radiação solar $I_{sol}$		Ganhos solares envidraçados exteriores (kWh)
Quarto	SE	0,74	0,44	0,65	0,9	490	=	93,33
Cozinha/Sala	NW	3,87	0,524	0,57	0,9	350	=	364,11
							$Q_{sol,v}$	457,44

### 5.3.11 Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Os ganhos solares pela envolvente opaca só são quantificados na estação de arrefecimento.

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[ G_{sol j} \times \sum_n F_{s,v nj} \times A_{s,v nj} \right] \quad (62)$$

onde:

$$A_{s,v nj} = \alpha \times U \times A_{op} \times R_{se} \quad (63)$$

em que:

- $\alpha$  – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca, de acordo com a Tabela 36, tendo em conta que a cor envolvente opaca é amarela (Figura 55);

Tabela 36 - Coeficiente de absorção da radiação solar,  $\alpha$

Cor	$\alpha$
Clara (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho-claro)	0,4
Média ( Vermelho-escuro, verde-claro, azul-claro)	0,5
Escura (Castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro)	0,8

- $U$  – Coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente opaca, (W/m<sup>2</sup>.°C);
- $A_{op}$  – Área do elemento da envolvente opaca exterior, (m<sup>2</sup>);
- $R_{se}$  – Resistência térmica superficial exterior igual a 0,04 (W/m<sup>2</sup>.°C).

Tabela 37 - Cálculo dos ganhos solares pela envolvente opa exterior

Orientação	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	$\alpha$	Intensidade radiação solar $I_{sol}$	$R_{se}$	$F_s$ (Opcional)		Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)
Parede PE5 SE	7,5	0,58	0,4	490	0,04	1	=	34,1
Parede PE4 NW	3,64	0,6	0,4	350	0,04	1	=	12,23
Parede PE6 NW	4,79	0,52	0,4	350	0,04	1	=	13,95
							$Q_{sol,v}$	60,28

### 5.3.12 Ganhos Internos

Os ganhos térmicos internos abrangem qualquer fonte de calor situada no espaço a aquecer, designadamente, os ganhos de calor associados ao metabolismo dos ocupantes, e o calor dissipado nos equipamentos e nos dispositivos de iluminação, com exclusão do sistema de aquecimento.

### Estação de Aquecimento

Os ganhos térmicos internos na estação de aquecimento são calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{int,i} = 4 \times 0,72 \times M \times A_p \tag{64}$$

$$\Leftrightarrow Q_{int,i} = 4 \times 0,72 \times 6,1 \times 35,89 = 630,52 \text{ kWh} \tag{65}$$

### Estação de Arrefecimento

Os ganhos térmicos internos na estação de arrefecimento são calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{int,v} = 4 \times A_p \times 2,928 \quad (66)$$

$$\Leftrightarrow Q_{int,v} = 4 \times 35,89 \times 2,928 = 420,34 \text{ kWh} \quad (67)$$

### 5.3.13 Ganhos úteis

#### Estação de Aquecimento

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} \quad (68)$$

Onde:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad (69)$$

$$\Leftrightarrow Q_{g,i} = 630,52 + 412,51 = 1043,03 \text{ kWh} \quad (70)$$

**Fator de utilização dos ganhos térmicos,  $\eta_i$ :**

$$\eta = \begin{cases} \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} & \text{se } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0 \\ \frac{a}{a+1} & \text{se } \gamma = 1 \\ \frac{1}{\gamma} & \text{se } \gamma < 1 \end{cases}$$

$$a = \begin{cases} 1,8 \text{ (Inércia Fraca)} \\ 2,6 \text{ (Inércia Média)} \\ 4,2 \text{ (Inércia Forte)} \end{cases}$$

Conforme foi calculado no ponto 5.3.3 do presente capítulo, a inércia térmica do caso de estudo é Média, assim sendo o valor de  $a = 2,6$ .

em que:

$$\gamma = \frac{Q_{g,i}}{Q_{tr,i} + Q_{ve,i}} \quad (71)$$

$$\Leftrightarrow \gamma = \frac{1043,03}{1932,67+574,20} = 0,42 \quad (72)$$

Como  $\gamma \neq 1$  e  $\gamma > 0$ , a equação para calcular o fator de utilização de ganhos térmicos é:

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad (73)$$

$$\eta_i = \frac{1-0,42^{1,8}}{1-0,42^{1+1,8}} = 0,87 \quad (74)$$

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} \quad (75)$$

$$\Leftrightarrow Q_{gu,i} = 0,87 \times 1043,03 = 907,44 \text{ kWh} \quad (76)$$

### Estação de Arrefecimento

$$Q_{gu,v} = (\eta_v - 1) \times Q_{g,v} \quad (77)$$

onde:

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad (78)$$

$$\Leftrightarrow Q_{g,v} = 420,34 + 457,44 + 60,28 = 938,06 \text{ kWh} \quad (79)$$

**Fator de utilização dos ganhos térmicos,  $\eta_v$ :**

$$\eta = \begin{cases} \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} & \text{se } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0 \\ \frac{a}{a+1} & \text{se } \gamma = 1 \\ \frac{1}{\gamma} & \text{se } \gamma < 1 \end{cases}$$

$$a = \begin{cases} 1,8 \text{ (Inércia Fraca)} \\ 2,6 \text{ (Inércia Média)} \\ 4,2 \text{ (Inércia Forte)} \end{cases}$$

Conforme foi calculado no ponto 5.3.3 do presente capítulo, a inércia térmica do caso de estudo é Média, assim sendo o valor de  $a = 2,6$ .

em que:

$$\gamma = \frac{Q_{g,v}}{Q_{tr,v} + Q_{ve,v}} \quad (80)$$

$$\Leftrightarrow \gamma = \frac{938,06}{720,89 + 243,70} = 0,97 \quad (81)$$

Como  $\gamma \neq 1$  e  $\gamma > 0$ , a equação para calcular o fator de utilização de ganhos térmicos é:

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (82)$$

$$\eta_v = \frac{1 - 0,97^{1,8}}{1 - 0,97^{1+1,8}} = 0,65 \quad (83)$$

$$Q_{gu,v} = (\eta_v - 1) \times Q_{g,v} \quad (84)$$

$$\Leftrightarrow Q_{gu,v} = (0,65 - 1) \times 938,06 = 328,32 \text{ kWh} \quad (85)$$

### 5.3.14 Necessidades Anuais de Energia Útil para Aquecimento e Verificação Regulamentar

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad (86)$$

$$\Leftrightarrow N_{ic} = \frac{1932,67 + 574,20 - 907,44}{35,89} = 44,56 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \quad (87)$$

#### Verificação regulamentar

$$N_{ic} \leq N_i \quad (89)$$

$$N_i = \frac{Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref}}{A_p} \quad (90)$$

- Cálculo do  $Q_{tr,i,ref}$ :

$$H_{ext,ref} = \sum(U_{ref} \times A) + \sum(\Psi_{ref} \times B) \quad (91)$$

Tabela 38 - Cálculo das paredes exteriores

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	$U_{ref}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
PE4	3,64	0,5	1,82
PE5	7,5	0,5	2,39
PE6	4,79	0,5	3,75
		Total	7,96

Tabela 39 - Cálculo dos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	$U_{ref}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Env. 1	1,29	2,9	3,74
Env. 2	1,29	2,9	3,74
Env. 3	1,29	2,9	3,74
Env. 4	0,37	2,9	1,07
Env. 5	0,37	2,9	1,07
	Total	4,61	13,36

Note-se que a área dos envidraçados (4,61 m<sup>2</sup>) é inferior a 20% da área do pavimento:

$$0,2 \times 35,89 = 7,18 \text{ m}^2 \quad (92)$$

Tabela 40 - Cálculo das pontes térmicas lineares

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Compr. B (m)	$\Psi_{ref}$ (W/m.°C)	$\Psi.B$ (W/°C)
Fachada com pavimentos intermédios	15,78	0,5	7,89
Fachada com caixilharia	15,22	0,20	4,72
		Total	12,01

$$H_{ext,ref} = 7,96 + 13,36 + 12,01 = 33,33 \quad (93)$$

$$H_{enu} = btr \times [\sum(U_{ref} \times A_i) + \sum(\Psi_{ref} \times B)] \quad (94)$$

Tabela 41 - Cálculo das paredes interiores em contato com espaços não úteis

Paredes Interiores	Área (m <sup>2</sup> )	$U_{ref}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr	btr.U.A (W/°C)
PI3	8,27	0,5	0,9	3,72
Porta lavanderia	1,78	0,5	0,9	0,80
PI4	13,73	0,5	0,8	5,49
Porta caixa de escadas	1,80	0,5	0,8	0,72
			Total	10,73

$$H_{adj} = btr \times [\sum(U_{ref} \times A_i) + \sum(\Psi_{ref} \times B)] \quad (95)$$

Tabela 42 - Cálculo das paredes interiores em contato com edifício adjacente

Paredes Interiores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr	btr.U.A (W/°C)
PI5	25,19	1	0,6	15,11
			Total	15,11

Tabela 43 - Cálculo das pontes térmicas lineares apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com btr &gt; 0,7

Pontes térmicas lineares (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com btr > 0,7)	Compr. B (m)	$\Psi$ (W/m.°C)	btr	btr. $\Psi$ .B (W/°C)
Parede lavanderia com pavimento e teto	6,18	0,5	0,9	2,78
Parede c. escadas com pavimento e teto	10,84	0,6	0,8	5,20
			Total	7,98

$$H_{tr,i ref} = H_{ext,ref} + H_{enu,ref} + H_{adj,ref} \quad (96)$$

$$\Leftrightarrow H_{tr,i ref} = 33,33 + 10,73 + 15,11 + 7,98 = 67,15 \quad (97)$$

$$Q_{tr,i ref} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i ref} \quad (98)$$

$$\Leftrightarrow Q_{tr,i ref} = 0,024 \times 1178 \times 67,15 = 1898,46 \text{ kWh} \quad (99)$$

- Cálculo do  $Q_{gu,i ref}$ :

$$Q_{sol,i ref} = G_{sul} \times 0,182 \times 0,20 \times A_p \quad (100)$$

$$\Leftrightarrow Q_{sol,i ref} = 130 \times 0,182 \times 0,20 \times 35,89 = 169,83 \text{ kWh} \quad (101)$$

$$Q_{int,i ref} = Q_{int,i} = q_{int} \times 0,72 \times M \times A_p \quad (102)$$

$$\Leftrightarrow Q_{int,i ref} = 4 \times 0,72 \times 6,1 \times 35,89 = 630,52 \text{ kWh} \quad (103)$$

$$Q_{gu,i ref} = \eta_{i,ref} \times (Q_{sol,i ref} + Q_{int,i ref}) \quad (104)$$

$$\Leftrightarrow Q_{gu,i ref} = 0,6 \times (169,83 + 630,52) = 480,21 \text{ kWh} \quad (105)$$

- Cálculo do  $N_i$  :

$$\Leftrightarrow N_i = \frac{1898,46 + 538,30 - 480,21}{35,89} = 54,52 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \quad (106)$$

$$N_{ic} \leq N_i$$

$$\Leftrightarrow 44,56 < 54,52 \quad \text{Verifica a estação de Aquecimento}$$

### 5.3.15 Necessidades Anuais de Energia Útil para Arrefecimento e Verificação Regulamentar

$$N_{vc} = \frac{Q_{g,v} \times (1 - \eta_v)}{A_p} \quad (107)$$

$$\Leftrightarrow N_{vc} = \frac{938,06 \times (1 - 0,65)}{35,89} = 9,10 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \quad (108)$$

#### Verificação regulamentar

$$N_{vc} \leq N_v \quad (109)$$

$$N_v = \frac{(1 - \eta_{vref}) \times Q_{g,vref}}{A_p} \quad (110)$$

- Cálculo do  $\eta_{v,ref}$ :

$$\eta_{v,ref} = \begin{cases} 0,52 + 0,22 \ln \Delta\theta & \Delta\theta > 1 \\ 0,45 & 0 < \Delta\theta \leq 1 \\ 0,30 & \Delta\theta \leq 0 \end{cases}$$

$$\Delta\theta = \theta_{ref,v} - \theta_{ext,v} \quad (111)$$

$$\Leftrightarrow \Delta\theta = 25 - 20,9 = 4,1 \quad \text{logo, } \Delta\theta > 1. \quad (112)$$

Assim sendo:

$$\eta_{v,ref} = 0,52 + 0,22 \ln \Delta\theta \quad (113)$$

$$\Leftrightarrow \eta_{v,ref} = 0,52 + 0,22 \ln(4,1) = 0,83 \quad (114)$$

- Cálculo do  $Q_{g,v,ref}$ :

$$\frac{Q_{g,v,ref}}{A_p} = \left[ 4 \times 2,928 + g_{v,ref} \left( \frac{A_w}{A_p} \right)_{ref} I_{sol,ref} \right] \quad (115)$$

em que:

- $I_{sol,ref}$  – Radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste, de acordo com Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia (kWh/m<sup>2</sup>.ano);
- $\left( \frac{A_w}{A_p} \right)_{ref}$  – Razão entre a área de vãos e a área útil de pavimento, que se assume igual a 20%;
- $g_{v,ref}$  – Fator de referência para a estação de arrefecimento, contabilizado em 0,43.

$$\Leftrightarrow \frac{Q_{g,vref}}{A_p} = [4 \times 2,928 + 0,43 \times 0,2 \times 490] \quad (116)$$

$$\Leftrightarrow Q_{g,vref} = 53,85 \times 35,89 = 1932,68 \text{ kWh} \quad (117)$$

- Cálculo do  $N_v$ :

$$N_v = \frac{(1-0,83) \times 1932,68}{35,89} = 9,15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \quad (118)$$

$$N_{vc} \leq N_v$$

$$\Leftrightarrow 9,10 \leq 9,15 \text{ Verifica a estação de arrefecimento}$$

### 5.3.16 Necessidades de Energia para Águas Quentes Sanitárias (AQS)

O sistema de apoio para a preparação de AQS para a habitação é um esquentador a gás, este sistema é ainda complementado por um depósito vertical interior de 100 litros e por um sistema de painéis solares da marca OPENPLUS, modelo OP-V2 de 2m<sup>2</sup>.

A energia útil necessária para a preparação de AQS durante um ano será calculada através da seguinte expressão:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times 35 \times 365}{3600000} \quad (119)$$

onde:

$M_{AQS}$  representa o consumo de AQS por dia sendo obtido em função do nº de ocupantes convencionais e das características dos chuveiros.

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} \quad (120)$$

em que:

- $n$  – Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso de tipologia T0, e n+1 ocupantes nas tipologias do tipo Tn com o n>0;

- $f_{eh}$  - Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo setor das instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com o rótulo A ou superior,  $f_{eh} = 0,90$ , sendo que nos restantes casos,  $f_{eh} = 1$ .

A tipologia do caso de estudo, é tipologia T1, logo  $n=2$ .

assim sendo:

$$\Leftrightarrow M_{AQS} = 40 \times 2 \times 1 = 80 \text{ litros} \quad (121)$$

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \quad (122)$$

$$\Leftrightarrow Q_a = \frac{80 \times 4187 \times 35 \times 365}{3600000} = 1188,64 \text{ kWh} \quad (123)$$

### 5.3.17 Necessidades de Energia Primária e Verificação Regulamentar

Segundo o Despacho n.º 15793-I/2013, as necessidades nominais de energia primária de um edifício de habitação resultam da somas das necessidades nominais específicas de energia primária relacionadas com os  $n$  usos: aquecimento ( $N_{ic}$ ), arrefecimento ( $N_{vc}$ ), produção de AQS ( $\frac{Q_a}{A_p}$ ) e ventilação mecânica ( $\frac{W_{vm}}{A_p}$ ), deduzidas de eventuais contribuições de fontes de energia renovável, ( $\frac{E_{ren}}{A_p}$ ) e de acordo com a seguinte expressão:

$$N_{tc} = \frac{N_{ic}}{\eta} F_{pu} + \frac{\delta N_{vc}}{\eta} F_{pu} + \frac{\frac{Q_a}{A_p}}{\eta} F_{pu} + \frac{W_{vm}}{A_p} F_{pu} - \frac{E_{ren}}{A_p} F_{pu} \quad (124)$$

em que:

- $F_{pu}$  – Fator de conversão de energia útil para energia primária, (kWh<sub>EP</sub>/kWh);
  - a)  $F_{pu} = 2,5$  kWh<sub>EP</sub>/kWh para a eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);
  - b)  $F_{pu} = 1$  kWh<sub>EP</sub>/kWh para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis.

- $\delta$  – Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento ( $N_{vc}$ ) que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização dos ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que equivale às condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado;
- $W_{vm}$  – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, (kWh/ano);
- $E_{ren}$  – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável  $p$ , (kWh/ano), incluindo apenas energia consumida.

Para o aquecimento, o edifício não tinha previsto nenhum sistema de climatização, pelo que teve que ser considerado o sistema de referência.

$\eta = 1$  valor retirado da Tabela I.03 da Portaria n.º 349-B/2013, correspondente a sistema de referência.

$F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kwh}$  valor retirado do Despacho n.º 15793-D/2013 ponto 1 alínea a).

Para o arrefecimento, a situação é a mesma, considera-se o sistema de referência.

$\eta = 2,8$  assume-se um sistema de ar condicionado tipo split com permuta ar/ar segundo a Tabela I.03 da Portaria n.º 349-B/2013, que diz respeito sistemas por defeito, e retira-se o valor da Tabela I.11 da mesma Portaria.

$F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kwh}$  valor retirado do Despacho n.º 15793-D/2013 ponto 1 alínea a).

$\delta = 1$  porque  $\eta_{vc} = 0,65$  é inferior a  $\eta_v = 0,83$ .

Para as águas quentes sanitárias:

$Q_a = 1188,64 \text{ kWh}$  valor calculado no ponto Necessidades de Energia para Águas Quentes Sanitárias (AQS) 5.3.16 do presente capítulo.

$A_p = 35,89 \text{ m}$  valor retirado da Tabela 6.

$\eta = 0,82$  valor retirado da Tabela I.16 da Portaria n.º 349-B/2013, que diz respeito a esquentadores com potência inferior ou igual a 10 kW.

$F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  valor retirado do Despacho n.º 15793-D/2013 ponto 1 alínea b), correspondente a combustíveis gasosos.

Para a ventilação mecânica com funcionamento contínuo:

$$W_{vm} = 0,03 \times V_f \times \frac{H_f}{1000} \quad (125)$$

em que:

- $V_f$  – Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador, que no caso em estudo toma o valor de 60 m<sup>3</sup>/h, conforme está explícito no ponto 2.10 deste capítulo;
- $H_f$  – Número de horas de funcionamento dos ventiladores durante um ano (h). Por defeito considera-se que os ventiladores funcionam 24h/dia, devendo ser tomado o valor de 8760h.

$$\Leftrightarrow W_{vm} = 0,03 \times 60 \times \frac{8760}{1000} = 15,77 \text{ kWh/ano} \quad (126)$$

Para a energia renovável, como já foi referido, a energia renovável é fornecida por um sistema de painéis solares da marca OPENPLUS, modelo OP-V2 de 2m<sup>2</sup>.

$E_{ren} = E_{solar} = 676 \text{ kWh/ano}$  – O cálculo do desempenho dos sistemas solares foi feito utilizando o programa SolTerm, conforme se pode ver através do Anexo IV.

$A_p = 35,89 \text{ m}$  valor retirado da Tabela 6.

$F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  valor retirado do Despacho n.º 15793-D/2013 ponto 1 alínea b).

Depois de reunidos os valores necessários para efetuar o cálculo das necessidades nominais de energia primária, procede-se de seguida ao respetivo cálculo:

$$N_{tc} = \frac{44,56}{1} \times 2,5 + \frac{1 \times 9,10}{2,8} \times 2,5 + \frac{1188,64}{35,89} \times 1 + \frac{15,77}{35,89} \times 2,5 - \frac{676}{35,89} \times 1 \quad (127)$$

$$\Leftrightarrow N_{tc} = 140,3 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \quad (128)$$

### Verificação regulamentar

$$N_t = \frac{N_i}{\eta} F_{pu} + \frac{N_v}{\eta} F_{pu} + \frac{Q_a}{\eta} F_{pu} \quad (129)$$

$$\Leftrightarrow N_t = \frac{59,49}{1} \times 2,5 + \frac{9,15}{2,8} \times 2,5 + \frac{1188,64}{35,89} \times 1 \quad (130)$$

$$\Leftrightarrow N_t = 192,41 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \quad (131)$$

### 5.3.18 Análise das Verificações Regulamentares

De acordo com a Portaria n.º 349-B/2013, a relação entre os valores de necessidades nominais e o seu limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária, de edifícios sujeitos a grandes intervenções, deve ser verificado conforme os coeficientes indicados na Tabela que se segue e em função do ano de construção do edifício.

Tabela 44 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes intervenções

Ano de construção	$N_{ic} / N_i$	$N_{vc} / N_v$	$N_{tc} / N_t$
Anterior a 1960	Não aplicável	Não aplicável	1,50
Entre 1960 e 1990	1,25	1,25	1,50
Posterior a 1990	1,25	1,15	1,50

O ano de construção do edifício em estudo é anterior ao ano de 1960, logo a única verificação que devia ser feita é a que diz respeito às necessidades nominais de energia primária, mas como se pode ver no procedeu-se também às restantes verificações.

Tabela 45 - Valores das necessidades nominais e limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária obtidos

$N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$Q_a$ kWh	$N_{tc}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup>	$N_t$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup>
44,56	54,52	9,1	9,15	1188,64	140,3	192,41

## 5.4 CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Segundo o REH a fração pode ser classificada de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 46 - Classes energéticas segundo o REH

	Classe Energética
$R_{Nt} \leq 0,25$	A <sup>+</sup>
$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$	A
$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$	B
$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$	B <sup>-</sup>
$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$	C
$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$	D
$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$	E
$R_{Nt} \geq 2,51$	F

Esta classificação é obtida através da seguinte expressão:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (132)$$

$$\Leftrightarrow R_{Nt} = \frac{140,3}{192,41} = 0,73 \quad (133)$$

Após o cálculo do fator  $R_{Nt}$ , chega-se à conclusão que a fração em estudo apresenta uma classe energética igual a:



Figura 85 - Classificação energética da fração

## 5.5 COMPARAÇÃO DO REH VS RCCTE

Este ponto diz respeito, à comparação da classificação energética da fração em estudo, obtidos com o novo regulamento, REH, e o legislação anteriormente em vigor, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

A figura que se segue representa o estudo da fração através do RCCTE. A classificação obtida para a fração em estudo através do antigo regulamento foi de “A”, quanto ao novo regulamento a classificação energética já só foi “B”, tendo os cálculos sido apresentados nos pontos anteriores. Esta figura foi retirada do certificado energético da fração a que o estagiário teve acesso.

**TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO SEM SISTEMA(S) DE CLIMATIZAÇÃO (NOVO)**

Morada / Localização Largo da Pena Ventosa, n.º 17/21 e 23/27

Localidade Porto Freguesia SE

Concelho PORTO Região Portugal Continental

Data de emissão 28/02/2012 Data de validade Não aplicável

Nome do perito qualificado Ana Rita Marques Pereira Moura N.º de PQ PQ01380

Imóvel descrito na 1ª Conservatória do Registo Predial de Porto

sob o n.º 399/19990517 Art. matricial n.º 1125 Fogo/Fracção autón. F

Esta declaração resulta de uma verificação efectuada ao projecto do edifício ou fracção autónoma por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Esta declaração permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade da presente declaração consulta [www.adena.pt](http://www.adena.pt).

### 1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO



Figura 86 - Certificado energético, segundo o RCCTE

Quando foi realizado o projeto para a operação E2, o regulamento que ainda estava em vigor era o RCCTE, só posteriormente é que o REH veio substituí-lo.

Na tabela seguinte pode ver-se as diferenças dos valores obtidos, no caso de estudo relativos à aplicação do REH com os valores retirados do certificado energético referente ao RCCTE. Através da

comparação desses mesmos valores conclui-se que os valores máximos no REH são mais rigorosos que no RCCTE.

Tabela 47 - Comparação dos valores obtidos no REH e o RCCTE

REH	$N_{ic}$	$N_i$	$N_{vc}$	$N_v$	$N_{tc}$	$N_t$	Libertação de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> )
	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> )	(Kwh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> )	
	44,56	54,52	9,1	9,15	140,3	192,41	0,0147

RCCTE	$N_{ic}$	$N_i$	$N_{vc}$	$N_v$	$N_{tc}$	$N_t$	Libertação de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> )
	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)	(Kgep/m <sup>2</sup> .ano)	
	50,44	68,1	10,16	16	4,27	9,44	0,2

Para obter o valor de emissões CO<sub>2</sub> associadas à energia para climatização e preparação de AQS, teve que se considerar os valores definidos no Despacho 15793-D/2013 e reproduzidos na tabela seguinte:

Tabela 48 - Fatores de conversão de energia primária para emissões de CO<sub>2</sub>

Fonte de energia	Fator de conversão (KgCO <sub>2</sub> /kWh)
Eletricidade	0,144
Gás natural	0,202

O valor foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$\left(\frac{N_{ic}}{\eta} + \frac{N_{vc}}{\eta}\right) F_{pu} + \left(\frac{Q_a}{A_p}\right) F_{pu} \quad (134)$$

$$\left(\frac{44,56}{1} + \frac{9,1}{2,8}\right) \times 0,144 + \left(\frac{1188,64}{\frac{35,89}{0,86}}\right) \times 0,202 = 14,66 \text{ kgCO}_2 = 0,0147 \text{ tonCO}_2 \quad (135)$$

Relativamente aos valores de cálculo obtidos nas duas legislações podemos salientar o seguinte:

#### **Estação de Aquecimento – Ni**

- REH - A temperatura interior de conforto é de 18°C e os dados climáticos são fornecidos por NUTS III e corrigidos em função da altitude do local, procurando desta forma utilizar valores mais realistas.

A taxa de renovação de ar, RPH, terá que ser obrigatoriamente determinada com auxílio da folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC e depende de vários fatores, tais como: rugosidade, altura do edifício, altura da fração autónoma, proteção da fração, características das caixilharias e caixas de estores, existência de dispositivos de admissão de ar na fachada, etc.

Nos ganhos pelos envidraçados considera-se apenas os vidros sem qualquer restrição. Nesta estação são contabilizados os ganhos pelos envidraçados para ENU.

- RCCTE - A temperatura de conforto é de 20°C, os dados climáticos eram fornecidos por concelho e apenas eram feitas correções pontuais em função da altitude e da distância à costa.

A taxa de renovação de ar era obtida por um conjunto de expressões simplificadas, no caso da ventilação mecânica, e por consulta de tabela, para a ventilação natural.

Nos ganhos pelos envidraçados considerava-se a existência de pelo menos uma cortina interior muito transparente.

#### **Estação de Arrefecimento – Nv**

- REH - Os cálculos são feitos tendo em atenção a temperatura média e nesta estação passaram a ser contabilizados os ganhos pela envolvente opaca para alguns ENU (por exemplo: desvão da cobertura), os ganhos pelos envidraçados para ENU, os sombreamentos dos envidraçados nomeadamente para a verificação dos requisitos mínimos de qualidade, e a percentagem de tempo em que os dispositivos de proteção estão ativos.

#### **Águas Quentes Sanitárias**

- REH - Nesta legislação apenas é quantificada a energia necessária para a preparação de AQS considerando simplesmente um acréscimo de temperatura de 35°C e um consumo de 40l de

água quente/dia/ocupante convencional que poderá ser reduzido em função da eficiência dos chuveiros.

- RCCTE - Nesta legislação era quantificada a quantidade de energia por  $m^2$  para a preparação de AQS, considerando um acréscimo de temperatura de  $45^{\circ}\text{C}$ .

### **Energia Solar**

- REH - São definidos coletores solares padrão e o sistema a utilizar só terá que ser melhor ou igual ao sistema padrão. Podendo ser utilizado qualquer outra forma de energia renovável, desde que o valor de energia obtido por ano seja melhor ou igual aos conseguidos com os coletores padrão.
- RCCTE - Era imposto a utilização de  $1m^2$  de coletor/ocupante convencional do edifício.

Relativamente aos valores máximos permitidos podemos salientar o seguinte:

### **Estação de Aquecimento – Ni**

- REH - O valor obtido considerando que a fração autónoma em estudo está inserida na mesma zona climática e apresenta na sua envolvente a solução construtiva de referência, que a taxa de renovação de ar também é o valor de referência e que no mínimo a fração autónoma só pode ter uma área de envidraçados igual a 20% da área útil de pavimento. Os valores dos coeficientes de transmissão térmica,  $U$ , de referência são substancialmente mais baixos e vão ser atualizados em 2016.
- RCCTE - Os valores eram definidos em função do fator de forma,  $FF$ , e dos  $GD$  de aquecimento. As expressões de cálculo procuravam ter em atenção a severidade do clima e a relação da área exposta com o respetivo volume.

### **Estação de Arrefecimento – Nv**

- REH - A expressão de cálculo que permite obter este valor considera a fração autónoma inserida na mesma zona climática, constituída com a solução de referência e com a área de envidraçado igual a 20% da área de pavimento.

- RCCTE - Os valores eram fixos para cada uma das zonas climáticas e eram independentes das características da fração autónoma em estudo.

### Águas Quentes Sanitárias

- REH - Não existe valor máximo permitido por lei.
- RCCTE - O valor máximo permitido para a preparação de AQS depende do consumo (40l/água quente/dia/ocupante convencional) e do n.º de dias de consumo que no caso da FA ser uma habitação toma o valor de 365 dias.

### Energia Primária

- REH - Os valores são obtidos em kWh<sub>EP</sub>, considerando os máximos permitidos para estação de aquecimento e de arrefecimento e a energia necessária para a preparação de AQS, utilizando a eficiência de cada equipamento.
- RCCTE - Os valores são obtidos em kgep, considerando os máximos permitidos para estação de aquecimento e de arrefecimento e a energia máxima para a preparação de AQS, utilizando a eficiência de cada equipamento.

Na tabela seguinte podemos observar os fatores de conversão utilizados nas duas legislações.

Tabela 49 – Comparação dos fatores de conversão entre o REH e RCCTE

	Eletricidade	Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos
REH	2,5 kWh/kWh	1 kWh/kWh
RCCTE	0,29 kgep/kWh	0,086 kgep/kWh

Uma das grandes alterações entre os dois regulamentos prende-se com a forma como é realizada a comparação para obtenção da classe energética. Com a nova legislação, o imóvel é comparado com ele mesmo em condições de referência. Foram eliminados os fatores redutores para as necessidades energéticas (aquecimento e arrefecimento), o que trouxe uma maior preponderância à envolvente dos edifícios na classificação energética de um imóvel de habitação. Em contrapartida, os sistemas

energéticos, e a sua eficiência, têm atualmente uma interação bastante menor na classe energética dos edifícios de habitação, comparando com a que tinham na anterior legislação [15].

Em conclusão, pode dizer-se que o novo regulamento é mais exigente do que o antigo, isso pode confirma-se através do presente caso de estudo, em que se efetuou o estudo térmico da mesma habitação e chegamos a classificações energéticas diferentes, sendo que a classificação que se obteve segundo o REH foi inferior à do RCCTE.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo tem o intuito de expor as conclusões obtidas durante a realização do presente relatório, bem como a experiência adquirida no estágio.

O acompanhamento de obras foi uma atividade muito enriquecedora pois o estagiário teve a oportunidade de ver “in loco” a execução de diferentes elementos construtivos, muitas vezes realizadas em condições adversas devido à dificuldade de acessos e à necessidade de manter alguns elementos já existentes. Permitiu ainda a convivência e o trabalho de equipa com diferentes intervenientes, tais como os empreiteiros, equipa de fiscalização e os projetistas.

Quanto ao caso de estudo, conclui-se que cumpriu a legislação publicada em 2013, REH e que a fração autónoma obteve a classe energética “B”. Também foi possível verificar que as soluções preconizadas no projeto foram efetivamente implementadas em obra.

Relativamente à certificação obtida pela antiga legislação, RCCTE existe uma discrepância entre as classes obtidas “A” segundo o RCCTE e “B” segundo o REH. Esta discrepância deve-se ao fato de que no regulamento antigo RCCTE, o peso dado aos componentes de carácter mecânico, como ar-condicionado, caldeiras mural a gás e outros aparelhos de funcionamento igualmente mecânico, é muito mais elevado do que no atual regulamento REH. Com a mudança na mentalidade de execução das construções, imposta por esta mudança regulamentar, pormenores como coeficientes de transmissão térmica de paredes, ou ganhos através da envolvente envidraçada, ganham uma relevância bastante maior. Deste modo a regulamentação conduz-nos a uma mentalidade mais sustentável de construir e projetar, tendo um forte foco na diminuição da energia necessária quer para arrefecimento quer para o aquecimento dos edifícios.

É de salientar, que durante o percurso académico o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) não foi abordado com o devido detalhe, o que levou a que o caso de estudo tenha sido um enorme desafio.

## *CAPÍTULO 6*

Deste modo, conclui-se que a realização do estágio em ambiente empresarial foi uma ótima experiência, permitiu o conhecimento de novas realidades, assim como o crescimento a nível pessoal e profissional do estagiário que irão ser fundamentais para o seu futuro.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- [1] Decreto-Lei n.º 104/2004 – Aprova um regime excecional de reabilitação urbana para as zonas históricas e áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística. Diário da República, 1ª série – N.º 107 – 7 de maio de 2004. Lisboa.
- [2] Campos, J. Porto a dimensão intangível na cidade histórica. Câmara Municipal do Porto, Porto, 2002
- [3] Taborda, R. Texto de apoio à disciplina de “Conservação e reabilitação de edifícios”. ISEP, 2010
- [4] Porto Vivo, SRU. (2015). In: <http://www.portovivosru.pt/pt/porto-vivo-sru/apresentacao>
- [5] Porto Vivo, SRU.(2015). In: <http://www.portovivosru.pt/pt/area-de-atuacao/enquadramento>
- [6] Porto Vivo, SRU (2015). In: <http://www.portovivosru.pt/pt/porto-vivo-sru/missao-e-estrategia>
- [7] Valença, P. Sequeira, J. 10 Anos Porto Vivo, SRU: Reabilitar para Revitalizar
- [8] Porto Vivo, SRU (2015). In: [http://www.portovivosru.pt/morro\\_se/index.php?m=2](http://www.portovivosru.pt/morro_se/index.php?m=2)
- [9] Porto Vivo, SRU. (2015). In: [http://www.portovivosru.pt/morro\\_se/index.php?m=28](http://www.portovivosru.pt/morro_se/index.php?m=28)
- [10] Porto Vivo, SRU. (2015). In: [http://www.portovivosru.pt/morro\\_se/index.php?m=33](http://www.portovivosru.pt/morro_se/index.php?m=33)
- [11] Porto Vivo, SRU. (2015). In: [http://www.portovivosru.pt/morro\\_se/index.php?m=35](http://www.portovivosru.pt/morro_se/index.php?m=35)
- [12] Porto Vivo, SRU. (2015). In: [http://www.portovivosru.pt/morro\\_se/index.php?m=36](http://www.portovivosru.pt/morro_se/index.php?m=36)
- [13] NRAU – Método de avaliação do estado de conservação de imóveis. Lisboa, 2007

[14] Decreto-Lei n.º 118/2013 – Regulamento de desempenho energéticos dos edifícios de habitação (REH). Diário da República, 1ª série – N.º 159 – 20 de agosto de 2013. Lisboa.

[15] Oliveira, R. A influência dos sistemas técnicos na eficiência energética das habitações. (2014). In: [http://www.industriaeambiente.pt/xFiles/scContentDeployerCM\\_pt/docs/Doc1750.pdf](http://www.industriaeambiente.pt/xFiles/scContentDeployerCM_pt/docs/Doc1750.pdf)

[16] Paiva, J., Aguiar, J., Pinho, A. Guia Técnico de Reabilitação Habitacional. Instituto Nacional da Habitação, LNEC, Lisboa 2006

[17] Freitas, V. Manual de Apoio ao Projeto de Reabilitação de Edifícios Antigos. Ordem dos Engenheiros Região Norte, Porto, 2012

[18] Neto, T. Apontamentos Pós-Graduação em Reabilitação Urbana – Reabilitação Higrótérmica e Acústica de Edifícios, ISEP, 2014

[19] Portaria n.º 349-B/2013. Diário da República, 1.ª – N.º 234 – 3 Dezembro de 2013. Lisboa.

[20] Despacho n.º15793-I/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.

[21] Despacho n.º15793-K/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.

[22] Despacho n.º15793-F/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.

[23] DeDespacho n.º15793-H/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.

[24] Despacho n.º15793-D/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.

# **ANEXOS**

## **Anexo I – Auto de Vistoria**

**A. IDENTIFICAÇÃO**

**Quarteirão Feitoria Inglesa Parcela 02**

Rua/Av./Pç.: Rua Mouzinho da Silveira

Número: 12-14-16 e 18

Andar: \_\_\_\_\_

Localidade: Porto

Código Postal \_\_\_\_\_

Distrito: Porto

Concelho: Porto

União Freg Cedofeita, Sto Ildefonso, Sé, Miragaia, S. Nicolau e Vitória

Artigo Matricial: 212

Fracção: \_\_\_\_\_

Código SIG (facultativo): \_\_\_\_\_

**B. CARACTERIZAÇÃO**

N.º de Pisos do Edifício  
4 + cave + recuado

N.º de Unidades do Edifício  
     

Época de Construção  
XIX

Tipologia Estrutural  
madeira e alvenaria

N.º de Divisões da Unidade  
     

Uso da Unidade  
\_\_\_\_\_

**C. ANOMALIAS DE ELEMENTOS FUNCIONAIS**

	ANOMALIAS					Não se Aplica	Ponderação	Pontuação
	Muito Ligeiras 5 pt.	Ligeiras 4 pt.	Médias 3 pt.	Graves 2 pt.	Muito Graves 1 pt.			
<b>Edifício</b>								
1. Estrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 6 =	6
2. Cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 x 5 =	15
3. Elementos salientes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
<b>Outras partes comuns</b>								
4. Paredes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
5. Revestimentos de pavimentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 x 2 =	4
6. Tectos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 2 =	2
7. Escadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 x 3 =	6
8. Caixilharia e portas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 2 =	2
9. Dispositivos de protecção contra queda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 x 3 =	6
10. Instalação de distribuição de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 1 =	1
11. Instalação de drenagem de águas residuais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 1 =	1
12. Instalação de gás	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 1 =	-----
13. Instalação eléctrica e de iluminação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 1 =	1
14. Instalações de telecomunicações e contra a intrusão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 1 =	-----
15. Instalação de ascensores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 3 =	-----
16. Instalação de segurança contra incêndio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 1 =	-----
17. Instalação de evacuação de lixo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 1 =	-----
<b>Unidade</b>								
18. Paredes exteriores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 x 5 =	15
19. Paredes interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
20. Revestimentos de pavimentos exteriores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 2 =	-----
21. Revestimentos de pavimentos interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 x 4 =	8
22. Tectos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 4 =	4
23. Escadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 x 4 =	8
24. Caixilharia e portas exteriores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 5 =	5
25. Caixilharia e portas interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
26. Dispositivos de protecção de vãos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 x 2 =	4
27. Dispositivos de protecção contra queda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 x 4 =	8
28. Equipamento sanitário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
29. Equipamento de cozinha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
30. Instalação de distribuição de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
31. Instalação de drenagem de águas residuais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
32. Instalação de gás	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 3 =	-----
33. Instalação eléctrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 x 3 =	3
34. Instalações de telecomunicações e contra a intrusão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 1 =	-----
35. Instalação de ventilação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 2 =	-----
36. Instalação de climatização	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 2 =	-----
37. Instalação de segurança contra incêndio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	--- x 2 =	-----

**D. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIAS**

Total das pontuações

(a) 

123
-----

Total das ponderações atribuídas aos elementos funcionais aplicáveis

(b) 

81
----

Índice de anomalias

(a/b) 

1,52
------

**E. DESCRIÇÃO DE SINTOMAS QUE MOTIVAM A ATRIBUIÇÃO DE NÍVEIS DE ANOMALIAS "GRAVES" E/OU "MUITO GRAVES"**

Nº do elemento funcional	Relato Síntese da Anomalia:	Identificação das fotografias ilustrativas
1	Estrutura - pavimento com estrutura de madeira apresentando podridão e estado de ataque biológico	1, 2
2	Cobertura - sujidade e vegetação parasitária	3
3	Elementos salientes com sinais de corrosão indiciando um possível risco de queda	40
4	Paredes - Paredes exteriores com sujidade generalizada e presença de líquenes e musgos; Revestimento com destacamento e por vezes em falta em grandes áreas	4 a 10
5	Revestimento de piso - desgaste do revestimento de piso	11, 12, 13, 29, 30, 32
6	Tectos - revestimento dos tetos com destacamento em grandes áreas e em risco de queda, manchas de humidade e eflorescências e revestimentos de tecto em falta	1, 2, 14, 15 e 16
7	Escadas - desgaste acentuado dos degraus; elemento de protecção da escada em falta	17, 18 e 19
8	Caixilharia e portas - porta exterior com revestimento degradado ; caixilharias com revestimentos destacados e em falta assim com vidros partidos	4, 5, 20, 21, 22, 23, 34
9	Dispositivos de protecção contra queda - corrimão com elemntos partidos/deteriorados indiciando risco de queda	19
10	Instalação de distribuição de água inoperacional	
11	Instalação de drenagem de águas residuais inoperacional	
13	Instalação eléctrica e de iluminação - aparelhagem elétrica inoperacional ou removida; alguns condutores elétricos descarnados; caixa de tomada sem tampa	24 a 28
18	Paredes exteriores - revestimento de paredes com eflorescências e desenvolvimento de musgos	4, 5
19	Paredes interiores - paredes com fendilhação, manchas de humidade com destacamento e empolamento dos revestimentos em grandes áreas; revestimentos em falta	6, 7, 8, 9, 10, 29 e 30
21	Revestimentos de pavimentos interiores - desgaste e degradação do revestimento do piso	11, 12, 13, 29, 30, 32
22	Tectos - revestimento dos tetos com destacamento em grandes áreas e em risco de queda, manchas de humidade e eflorescências; revestimentos de tecto em falta	1, 2, 14, 15, 16, 31, 32, 33
23	Escadas - desgaste acentuado dos degraus; elemento de protecção da escada em falta	17, 18 e 19
24	Caixilharia e portas exteriores - porta exterior com revestimento degradado ; caixilharias com revestimentos destacados e em falta assim como alguns vidros partidos	20, 21, 22, 23, 34
25	Caixilharia e portas interiores - caixilharias com revestimentos destacados e deteriorados e portas com destacamento generalizado do revestimento	21, 22, 35
26	Dispositivos de protecção de vãos bastante degradados	30
27	Dispositivos de protecção contra queda	
28	Equipamento sanitário inoperacional	39
29	Equipamento de cozinha inoperacional	37, 38
30	Instalação de distribuição de água inoperacional	
31	Instalação de drenagem de águas residuais inoperacional	
33	Instalação eléctrica - aparelhagem elétrica inoperacional ou removida; alguns condutores elétricos descarnados; caixa de tomada sem tampa	24 a 28, 36

**F. AVALIAÇÃO**

Com base na observação das condições presentes e visíveis no momento da vistoria e nos termos do artigo 6.º da Portaria nº 1192-B/2006, de 3 de Novembro, declaro que:

- O estado de conservação do locado é:

Excelente  Bom  Médio  Mau  Péssimo

- O estado de conservação dos elementos funcionais 1 a 17 é: mau

(a preencher apenas quando tenha sido pedida a avaliação da totalidade do prédio)

- Existem situações que constituem grave risco para a segurança e saúde públicas e/ou dos residentes:

Sim  Não

**G. OBSERVAÇÕES**

O estado de conservação do locado, Mau, foi determinado através da aplicação das regras enunciadas nos n.ºs 3, 4, 5, 6 e 7, do artigo 6.º.

•Art.6 - n.º3 ⇒ (2)      •Art.6 - n.º5 ⇒ (2)      •Art.6 - n.º7 ⇒ (3)

**H. TÉCNICO**

Nome do técnico: \_\_\_\_\_

Data de vistoria: 12 de Março de 2015

**I. COEFICIENTE DE CONSERVAÇÃO**

Nos termos do disposto no n.º 1, do artigo 33.º da Lei n.º 6/2006, de 27 de Fevereiro, declara-se que o locado acima identificado possui o seguinte Coeficiente de Conservação:

**0,7**

Data de Emissão: \_\_\_\_\_ (Validade: 3 anos)

**Local:** Rua Mouzinho da Silveira nº 12, 14, 16 e 18

**Quarteirão:** Feitoria Inglesa Parcela 02

Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12



Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16



Foto 17



Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21



Foto 23



Foto 22



Foto 24



Foto 25



Foto 27



Foto 26



Foto 29



Foto 28



Foto 30



Foto 31



Foto 33



Foto 32



Foto 35



Foto 34



Foto 36



Foto 37



Foto 38



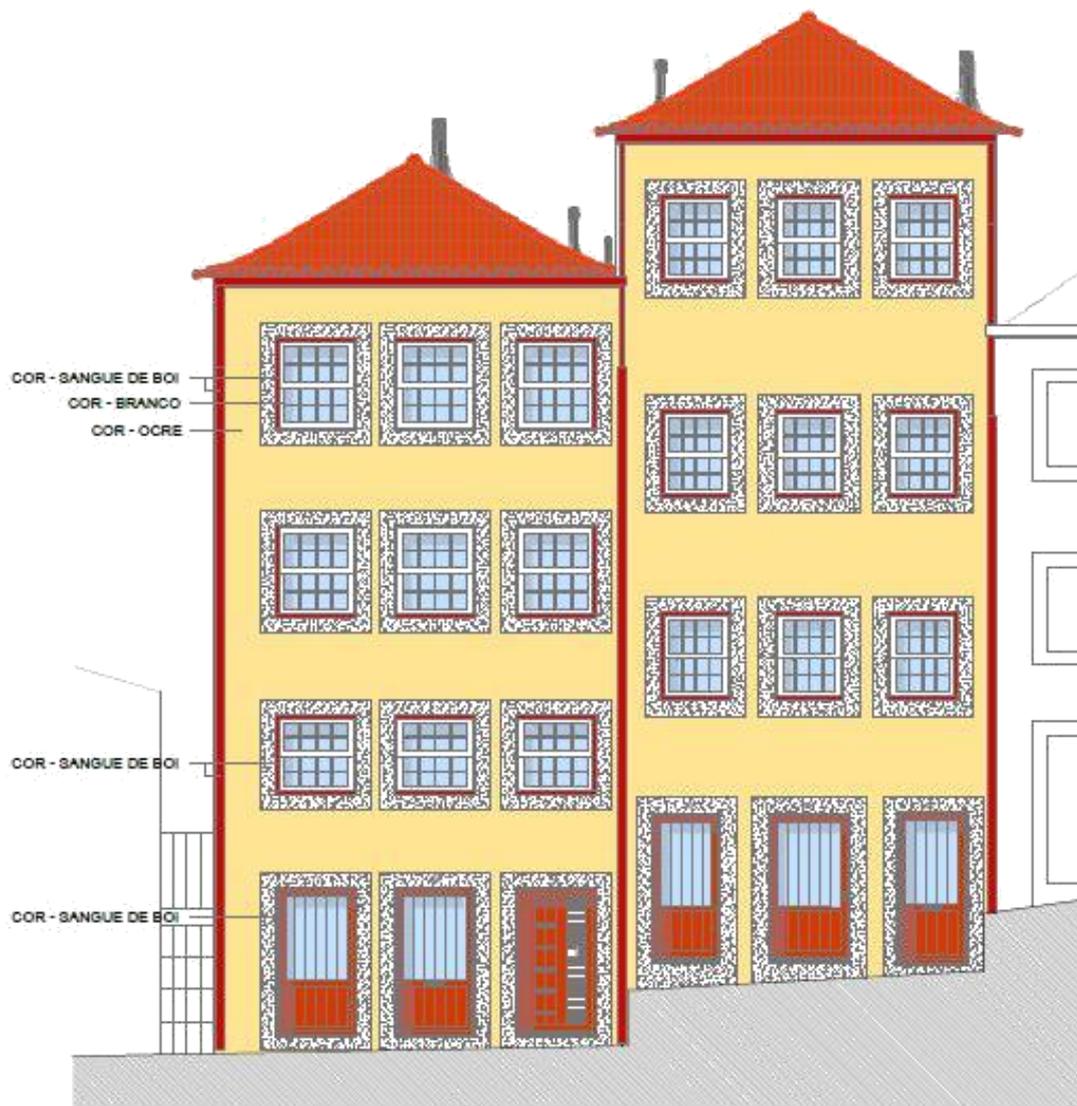
Foto 39



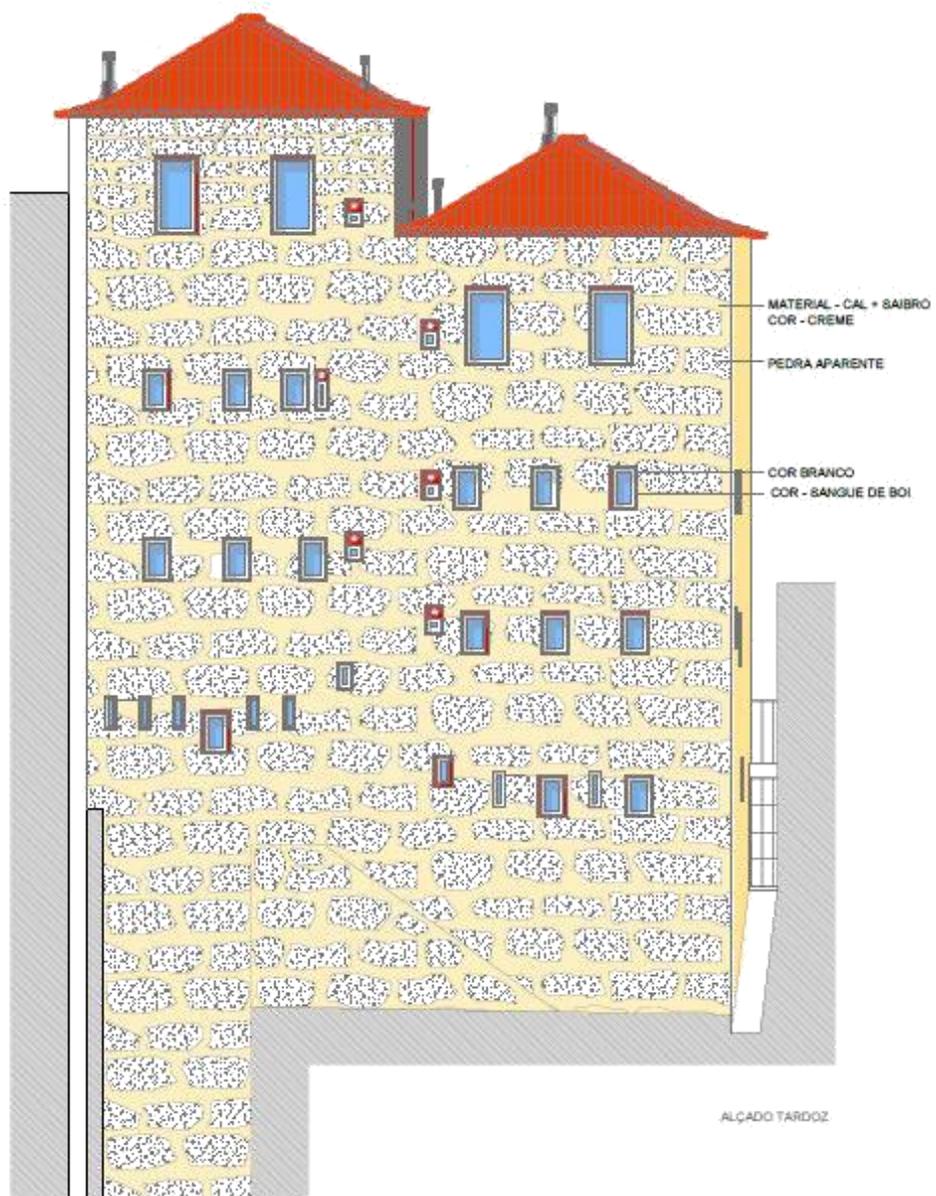
Foto 40

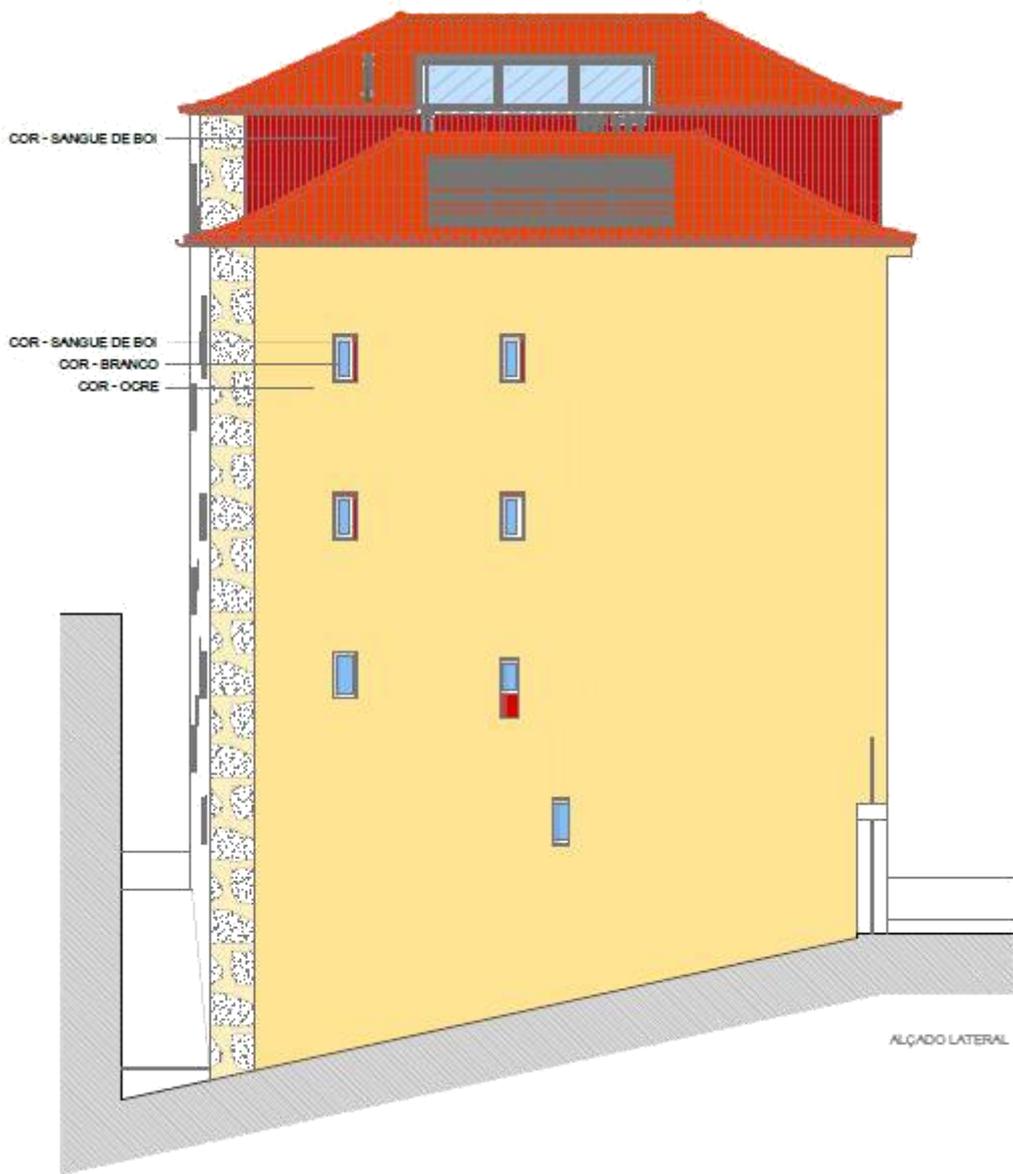


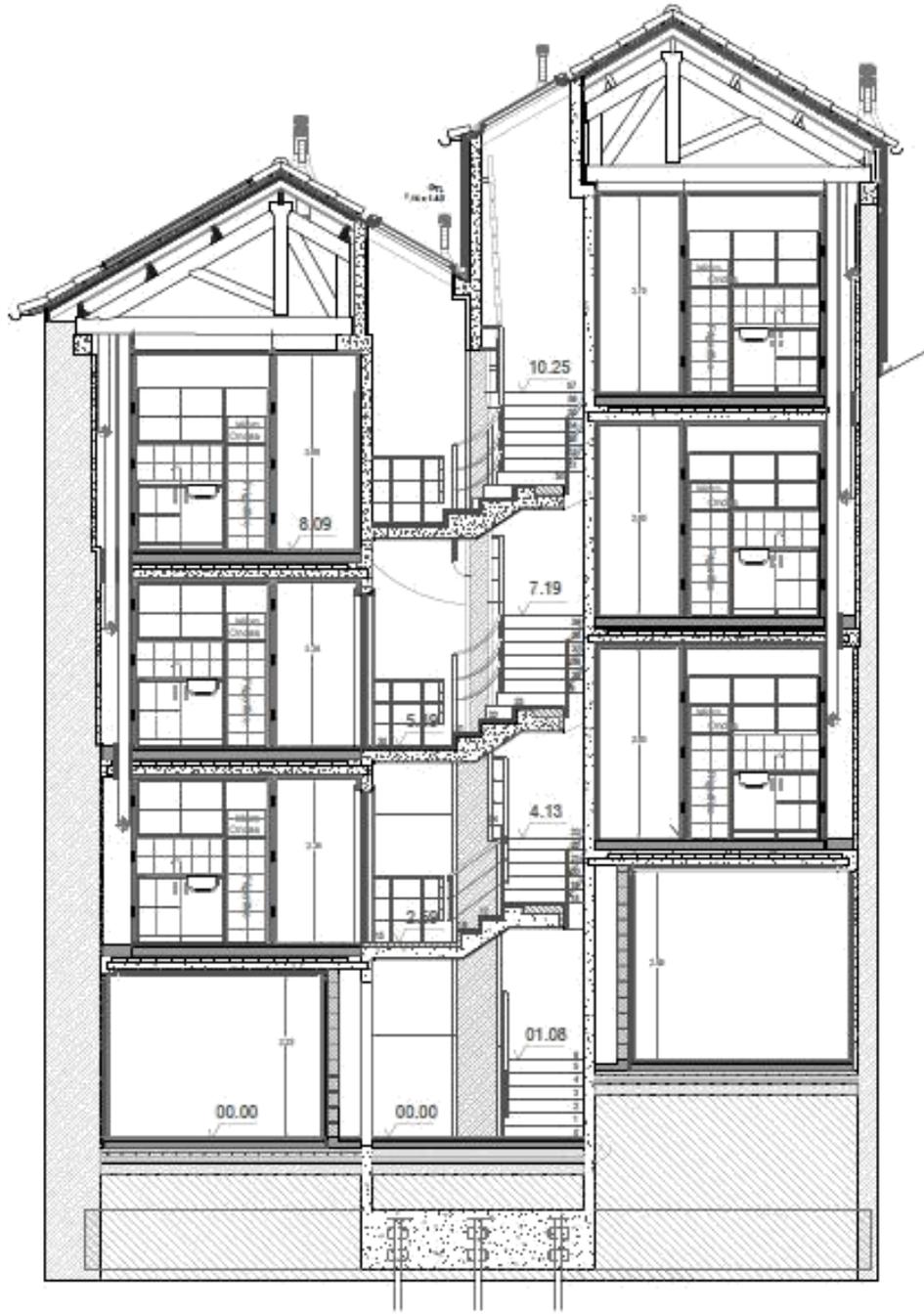
**Anexo II – Desenhos de arquitetura  
referentes ao caso de estudo**

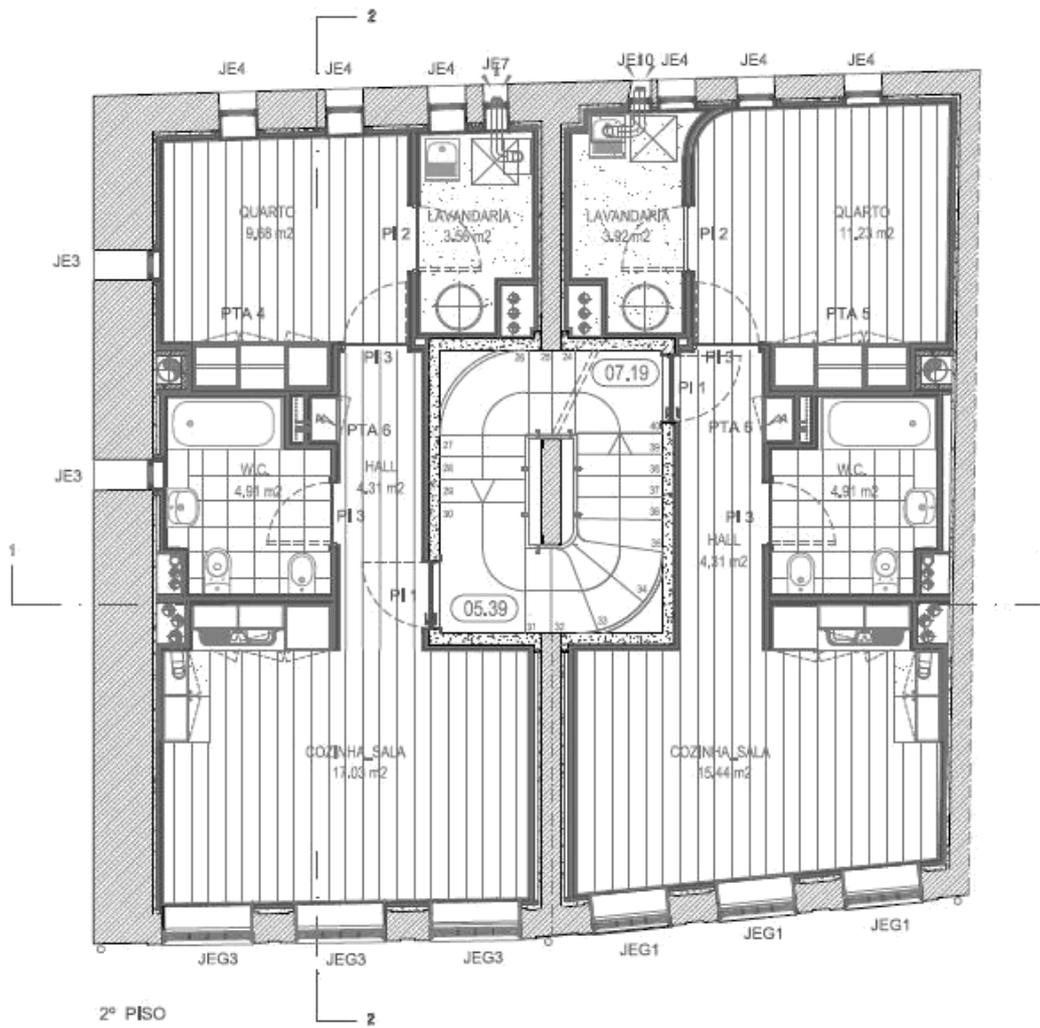


ALÇADO PRINCIPAL









**Anexo III – Folha de cálculo do LNEC, valor  
do RPH**



### 1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habituação_novo_ou_grande_reabilitação
Local (município)	PORTO
Região	A
Rugosidade	I
Altitude do local (m)	49
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não
Altura do edifício ( $H_{edif}$ ) em m	12
Altura da fração ( $H_{fra}$ ) em m	9

Área útil (m <sup>2</sup> ):	35,9
Pd (m):	2,60
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Vol (m <sup>3</sup> ):	93
Texterior (°C)	10,1
Zref (m)	94
Aerw/Au:	13%
Proteção do edifício:	<b>Desprotegido</b>
Zona da fachada:	<b>Inferior</b>

### 2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não			
Para cada Janela ou grupo de janelas:				
Área dos vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	4,61			
Classe de permeabilidade ao ar das janelas	Sem classificação			
Caixa de estore - permeabilidade	Não tem			

### 3. Aberturas de admissão de ar na fachada

Tem aberturas de admissão de ar na fachada	Não			
Tipo de abertura				
Área livre das aberturas fixas (cm <sup>2</sup> ) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m <sup>3</sup> /h)				

### 4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta

Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Não	Não	Não	Não
Escoamento de ar				
Perda de carga				
Altura da conduta (m)				
Cobertura				
Número de condutas semelhantes				

### 5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Sim			
Escoamento de ar	Exaustão			
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	60			
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento	Não			
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
Tem sistema de recuperação de calor				
Rendimento da recuperação de calor (%)				

### 6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)

Existem meios híbridos				
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

### 7. Verão - Recuperador de calor

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	
---	--

### 8. Resultados

#### 8.1 - Balanço de Energia - Edifício

R <sub>phi</sub> (h-1) - Aquecimento	
R <sub>phi,v</sub> (h-1) - Arrefecimento	0,60
W <sub>vm</sub> (kWh)	

#### 8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

R <sub>phi,REF</sub> (h-1)	
----------------------------	--

#### 8.3 - Caudal mínimo de ventilação

R <sub>ph</sub> estimada em condições nominais (h-1)	
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério R <sub>ph</sub> mínimo	

Nota: No Cálculo de R<sub>ph</sub> min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

Selecione Calcular

Técnico: Nuno Cunha

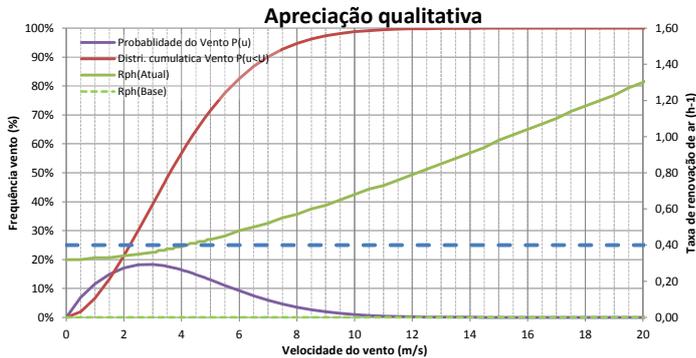
Data: 13/10/2015



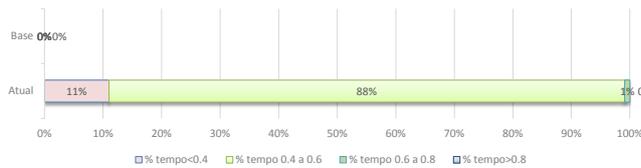
Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)

1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar

(Ajuda)



Atual: Rph<sub>i</sub>=0.38 Rph<sub>medio</sub>=0.40 Rph<sub>termica</sub>=0.32  
Base: Rph<sub>i</sub>=0.00 Rph<sub>medio</sub>=0.00 Rph<sub>termica</sub>=0.00



Rph<0.4:0%; 0.4 a 0.6:0%; 0.6 a 0.8:0%; >0.8:0%

Rph<0.4:10%; 0.4 a 0.6:89%; 0.6 a 0.8:1%; >0.8:0%

2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50)

(Ajuda)

Janelas:

Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	1
---	---

Permeabilidade ao ar da envolvente:

Valor n50 recomendado para construção usual:	2,10
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	0,80
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	3,11

3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada

(Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	97m <sup>3</sup> /h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	2 Pa

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas				
Caudal nominal das grelhas (m <sup>3</sup> /h)	165 cm <sup>2</sup>	97 m <sup>3</sup> /h	144 m <sup>3</sup> /h	205 m <sup>3</sup> /h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	165 cm <sup>2</sup>	1,04 h-1	1,54 h-1	2,2 h-1

Isolamento sonoro: Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envidraçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Area da fachada (m <sup>2</sup> )	7,5	
Correcção	Ctr	Area da janela (m <sup>2</sup> )	2,3	
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m <sup>3</sup> )	40,5	
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)		45	-4
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1			
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		40	-1
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)			-4
	A	Rw (Ctr)		
	(m <sup>2</sup> )	(dB)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1	37	Rw vidro	30
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa		C	-1
Janela (Área (m <sup>2</sup> )/Rw(Ctr))	2,3	26	Ctr	-3
Parede (Área (m <sup>2</sup> )/Rw(Ctr))	5,3	50	IGU Rw+Correcção	27
Fachada (Área (m <sup>2</sup> )/Rw(Ctr))	7,5	30	Janela Rw+Correcção	26
Fachada D2m,nT,W (dB)		28		

<b>Resultados: isolamento sonoro</b>		
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28	
Isolamento mínimo requerido (D2m,nT,W)	28	Satisfatório

Síntese:

Grelhas fixas com 250 cm<sup>2</sup> de área livre. As grelhas devem ser 'uniformemente' distribuídas pelas diferentes fachadas. As grelhas devem ter um isolamento sonoro (Dnei) não inferior a 36 (-1,-3) dB.

**Anexo IV – Desempenho do coletor  
OPENPLUS – V2, através do SolTerm**

---

SolTerm 5.0

Licenciado a Formadores do SCE  
(Módulo RCCTE)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico com depósito pressurizado

---

Painel

---

Modelo de colector: OPENPLUS

Tipo: Plano

(1 módulo) 2,01 m<sup>2</sup>

Rendimento óptico: 74,00%

Coefficiente de perdas térmicas a1: 3,300 W/m<sup>2</sup>/K

Coefficiente de perdas térmicas a2: 0,012 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>

Modificador de ângulo a 50°: 0,94

Caudal no grupo painel/permutador: 39,6 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,02 l/s)

---

Permutador

---

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 75%

(factor de penalização: 97%)

---

Depósito

---

Modelo: 100L

Volume: 100 l

Área externa: 1,37 m<sup>2</sup>

Material: PVC

Posição vertical

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 1,39 W/°C

---

Cargas térmicas

---

Consumo de água nova, sem recuperação de calor.

Temperatura nominal: 35°C

Temperatura mínima aceite: °C

(Existem válvulas misturadoras.)

Perfis de consumo de segunda a sexta (1)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
08	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
09	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
22												
23												
24												
diário	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Perfis de consumo ao fim-de-semana (1)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
08	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
09	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
22												
23												
24												
diário	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

---

Localização, posição e envolvente do sistema

---

Concelho de Porto

Latitude 41,2°N (nominal)

Longitude 8,6°W (nominal)

TRY SNCE 2006

-

Inclinação do painel: 36°

Azimute do painel: -45°

Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)

---

Balanço energético mensal e anual

---

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	51	71	,	55	68	13
Fevereiro	69	89	,	59	61	2
Março	105	121	,	63	65	2
Abril	144	152	6,	61	61	0
Maio	173	167	10,	59	59	0
Junho	185	174	17,	53	53	0
Julho	205	194	30,	52	52	0
Agosto	183	184	25,	52	52	0
Setembro	129	143	6,	52	52	0
Outubro	95	118	,	58	58	1
Novembro	60	85	,	56	62	7
Dezembro	49	72	,	57	68	11
Anual	1449	1567	95,	676	712	36

---

Fracção solar: 94,9%

Produtividade: 336 kWh/[m<sup>2</sup> colector] (N.B.: muito baixa!)

---

**Anexo V – Desempenho do coletor  
PADRÃO, através do SolTerm**

---

SolTerm 5.0

Licenciado a Formadores do SCE  
(Módulo RCCTE)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico com depósito pressurizado

---

Painel

---

Modelo de colector: COLECTOR PADRÃO alterado 10:29:00 22-06-2015

Tipo: Plano

(12 módulos) 7,8 m<sup>2</sup>

Rendimento óptico: 73,60%

Coefficiente de perdas térmicas a1: 4,120 W/m<sup>2</sup>/K

Coefficiente de perdas térmicas a2: 0,014 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>

Modificador de ângulo a 50°: 0,91

Caudal no grupo painel/permutador: 48,7 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,11 l/s)

---

Permutador

---

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 75%

(factor de penalização: 97%)

---

Depósito

---

Modelo: 500 l típico

Volume: 500 l

Área externa: 3,86 m<sup>2</sup>

Material: PVC

Posição vertical

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 3,99 W/°C

---

Cargas térmicas

---

Consumo de água nova, sem recuperação de calor.

Temperatura nominal: 35°C

Temperatura mínima aceite: °C

(Existem válvulas misturadoras.)

---

Perfis de consumo de segunda a sexta (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
08	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
09	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
10	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
11												
12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
13	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14												
15												
16												
17												
18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
19	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
21	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
22	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
23	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
24												
diário	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480

Perfis de consumo ao fim-de-semana (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
08	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
09	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
10	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
11												
12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
13	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14												
15												
16												
17												
18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
19	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
21	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
22	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
23	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
24												
diário	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480

---

Localização, posição e envolvente do sistema

---

Concelho de Porto

Latitude 41,2°N (nominal)

Longitude 8,6°W (nominal)

TRY SNCE 2006

-

Inclinação do painel: 35°

Azimute do painel: 0°

Obstruções do horizonte: tapado SE-SW

---

Balanço energético mensal e anual

---

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	51	81	,	289	409	119
Fevereiro	69	100	,	329	365	36
Março	105	129	,	359	389	30
Abril	144	156	,	361	363	2
Maio	173	169	3,	351	354	3
Junho	185	174	6,	319	319	0
Julho	205	197	26,	313	313	0
Agosto	183	191	37,	315	315	0
Setembro	129	153	1,	315	315	0
Outubro	95	130	,	342	350	8
Novembro	60	96	,	310	374	65
Dezembro	49	83	,	309	407	97
Anual	1449	1659	73,	3912	4274	362

---

Fracção solar: 91,5%

Produtividade: 502 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

---